

Dr. Lente Gábor

Sugárzó bizmut

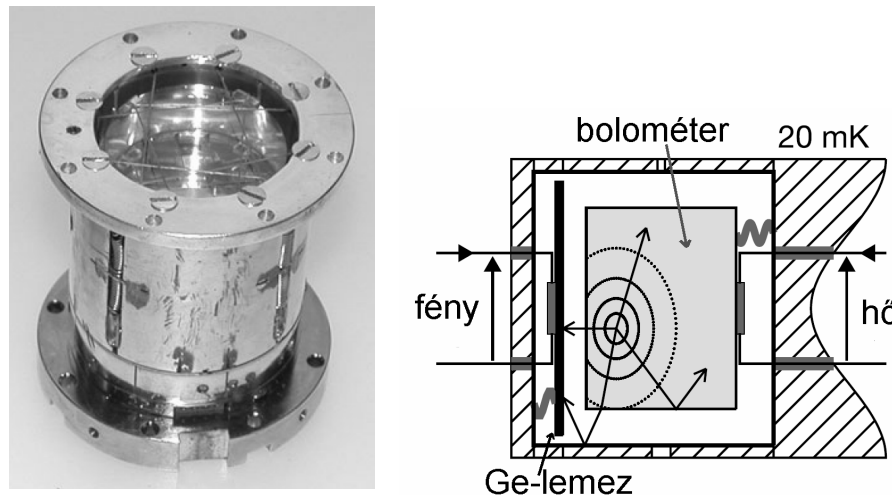
A tudomány hosszú ideig a bizmutnak a természetben előforduló egyetlen, 209-es izotópját tartotta a legnagyobb tömegszámú stabil atommagnak. 2003-ban ez a kitüntetett cím azonban az ólom 208-ra szállt át, mert a jelenlegi csúcstechnológiát képviselő műszerekkel sikerült kimutatni, hogy a ^{209}Bi valójában nagyon lassú radioaktív alfa-bomlás megy át.¹ A detektálás fő nehézsége az volt, hogy a bomlások nagyon ritkák, ezért a hagyományos módszerekkel nem mutathatók ki. A siker kulcsa egy újonnan készített eszköz, a szcintillációs bolométer volt. Ez két, egy évszázadnál is régebben ismert eszközt egyesít.

A szcintillációs detektorokat radioaktív részecskék kimutatására használják. Néhány szilárd anyagban a töltéssel rendelkező, nagy energiájú részecskék elnyelődése apró felvillanásokat okoz. A felvillanások megszámlálásával a radioaktív sugárzás intenzitása megbecsülhető. Ilyen elven működött Ernest Rutherford (1871-1934) híres kísérletében az aranyfólián áthaladó alfa-részecskék kimutatására használt cink-szulfid-erényő.

A bolométer elektromágneses sugárzás energiájának mérésére alkalmas eszköz, Samuel Pierpont Langley (1834-1906) csillagász találta fel. Működésének lényege, hogy egy abszolút nulla fok közelébe hűtött szilárd testben (az abszorberben) az elnyelődő sugárzás által okozott hőmérsékletemelkedést mérik. Természetesen ez csak egy nagyon költséges hűtőrendszer üzemeltetésével lehetséges, ezért a legtöbb esetben a bolométert ritkán használják, és akkor is csak olyan hullámhossztartományú (200 μm – 1 mm) sugárzás intenzitásának mérésére, amelyre nem ismeretes érzékenyebb detektor.

E két eszközt egyesítették mintegy 20 éve nagyon ritka radioaktív bomlások tanulmányozására. A ^{209}Bi alfa-bomlásának kimutatását az a felismerés tette lehetővé, hogy a $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ kettős oxid kristályai jól szcintillálnak, és bolométeranyagok is alkalmasok. Egy ilyen bolométer

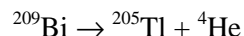
¹ P. de Marcillac, N. Coron, G. Dambier, J. Leblanc, J. P. Moalic *Nature* **2003**, 422, 876.



1. ábra A bizmut-209 radioaktivitásának kimutatására használt szcintillációs bolométer fényképe és elvi sémája

fényképét és elvi sémáját mutatja be az 1. ábra. Az eszköz átmérője és magassága egyaránt 20 mm, s egy fényvisszaverő ezüstbevonattal ellátott kamrában van, amelyet egy 0,020 K hőmérsékletű speciális hűtőbe helyeznek. Az elvi ábrán bal oldalon lévő, 25 mm átmérőjű és 0,10 mm vastag Ge-lemezben a ráeső fény fotoáramot kelt, így segítségével a felvillanásokat észlelni lehet. A jobb oldalon lévő, speciálisan adalékolt Ge-darab ellenállásán keresztül a hőmérsékletre lehet következtetni. Így aztán az eszközzel a benne elnyelődő ionizáló részecskék számát és energiáját is meg lehet határozni. A szcintillációs bolométert minden külső hatástól a lehető legjobban el kell szigetelni, hogy a természetes háttérsugárzás a lehető legkevésbé zavarja a méréseket. A ^{209}Bi a kristály anyagában van, ezért radioaktív bomlásai magában a kristályban történnek, és a szcintillációs detektálás nagy hatékonysága biztosítja azt is, hogy egyetlen egy bizmutatom sem bomolhat el észrevétlenül. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy kb. öt nap alatt több tucat, külső hatásokkal nem értelmezhető bomlás történt, amelyeknél az ionizáló részecske energiája 503 fJ ($5,03 \times 10^{-13}$ J) volt.

Hogyan lehet ellenőrizni, hogy ez lehet a Bi-209 alfa-bomlásának következménye? Tömegspektrométerrel egyes izotópok relatív atomtömegét igen nagy pontossággal meg lehet határozni: a ^{209}Bi -é 208,980374, a ^{205}Tl -é 204,974401, a ^4He -é pedig 4,00260324. Ha a Bi-209 valóban alfa-bomlásra megy át, akkor ennek egyenlete:



A keletkező ^{205}Tl és ^4He tömegének összege 208,9770042, vagyis kisebb, mint a kiindulási ^{209}Bi tömege. A különbséget ($\Delta m = 0,003370$) tömeghiánynak nevezik, és az Einstein-féle tömeg-energia ekvivalenciaelv segítségével kiszámolható belőle, hogy mennyi energia szabadult fel:

$$\Delta E = \Delta mc^2 = \frac{3,37 \times 10^{-6} \text{ kg/mol}}{6,02 \times 10^{-6} \text{ mol}^{-1}} (3,00 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = \underline{503 \text{ fJ}}$$

Vagyis a várt bomláshoz tartozó energiafelszabadulás éppen megegyezik a kísérletileg tapasztalttal. A ^{209}Bi felezési idejét is ki lehetett számolni a mért adatok alapján. A 45,7 g tömegű $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ bolométerben 100 óra alatt 41 bomlást regisztráltak. A kristályban lévő Bi-209 atomok száma:

$$n_{\text{Bi}} = 4 \times \frac{45,7 \text{ g}}{1245,74 \text{ g/mol}} (6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 8,84 \times 10^{22}$$

A bomlási állandó ilyen körülmények között kiszámolható az elbomlott atomok hányada és az eltelt idő osztásával:

$$\lambda = \frac{41}{8,84 \times 10^{22} \times 100 \text{ h}} = 4,6 \times 10^{-24} \text{ h}^{-1}$$

A felezési idő pedig:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{4,6 \times 10^{-24} \text{ h}^{-1}} = 1,5 \times 10^{23} \text{ h} = 1,7 \times 10^{19} \text{ év}$$

A francia kutatócsoport készített egy másik, 91,2 g tömegű szcintillációs bolométert is. Ebben 114 óra alatt 77 bomlást detektáltak. Az összes adatot együtt kiértékelve a ^{209}Bi felezési idejére $(1,9 \pm 0,02) \times 10^{19}$ év adódott. Ez a felezési idő a világegyetem ma ismert koránál kilenc nagyságrenddel nagyobb, vagyis annak egymilliárdszorosa. Azt gondolhatnánk, hogy hosszabbat már elvileg is lehetetlen mérni. Azonban ez sem teljesen így van. Az 1. táblázat a ma ismert, kivételesen hosszú (10^{15} évnél nagyobb) felezési idejű izotópokat tünteti fel. Látható, hogy a ^{128}Te a csúcstartó, felezési ideje még kb. 5 nagyságrenddel nagyobb, mint a ^{209}Bi -é. A természetes tellúrban a ^{128}Te gyakorisága csak 31,7%, így a radioaktivitás felfedezése óta eltelt bő egy évszázad alatt egy nagynak elképzelt, 1 kg tömegű, tiszta tellúrból álló mintában nagyjából 50 db ^{128}Te -bomlás történt volna. Hogyan lehet hát meghatározni a felezési idejét? Az eljárás kulcsa az, hogy a kísérletet nem kell feltétlenül tudósoknak elkezdniük: néhány szerencsés esetben a természet maga gondoskodott erről. A ^{130}Te β -bomlásra megy át, amelynek közvetlen terméke a ^{130}I , amely gyorsan, 12 óra felezési idővel stabil ^{130}Xe -á alakul. Ismeretes néhány tellúrt nagy mennyiségben tartalmazó ásvány, pl. a tellurobizmutit (Bi_2Te_3), amelyben a gázzárványok összetételét tömegspektrometriás módszerrel elemezni lehet.

1. táblázat Kivételesen hosszú felezési idejű radioaktív izotópok

izotóp	felezési idő (év)	izotóp	felezési idő (év)
^{48}Ca	$5,3 \times 10^{19}$	^{130}Te	$7,9 \times 10^{20}$
^{50}V	$1,5 \times 10^{17}$	^{144}Nd	$3,3 \times 10^{15}$
^{76}Ge	$1,6 \times 10^{21}$	^{148}Sm	7×10^{15}
^{82}Se	$9,7 \times 10^{19}$	^{150}Nd	$6,7 \times 10^{18}$
^{96}Zr	$2,4 \times 10^{19}$	^{174}Hf	$2,0 \times 10^{15}$
^{100}Mo	$8,5 \times 10^{18}$	^{180}W	$1,8 \times 10^{18}$
^{113}Cd	$7,7 \times 10^{15}$	^{186}Os	$2,0 \times 10^{15}$
^{116}Cd	$3,0 \times 10^{19}$	^{209}Bi	$1,9 \times 10^{19}$
^{128}Te	$2,2 \times 10^{24}$		

Ismeretes, hogy bizonyos körülmények között ezen kőzetbe zárt gázok még földtörténeti korok alatt sem távoznak el. Egy ilyen típusú kőzetből származó, 210 mg tömegű Bi_2Te_3 minta zárvényaiban 29,8 amol ^{130}Xe (1 amol = 1 attomol = 10^{-18} mol) és 56,9 amol ^{132}Xe volt.² A minta közelében talált, tellúrt nem tartalmazó kvarcminta 38,2 mg-jában a ^{132}Xe anyagmennyisége 51,5 amol, a ^{130}Xe -é pedig 7,81 amol volt. A kvarcban csak a kristályosodás kezdetekor belezárt levegő miatt van Xe, izotópjainak aránya jól egyezik a mai levegőben mérhető $^{132}\text{Xe}:^{130}\text{Xe} = 6,6:1$ aránnyal. A Bi_2Te_3 mintában a ^{130}Xe két forrásból származik: a bezárt levegőből és a ^{130}Te bomlásából. A levegőből származó mennyiségnek $56,9 \times 7,81 / 51,5 = 8,63$ amol-nak kell lennie, így a radioaktív bomlás során $29,8 - 8,63 = 21,2$ amol keletkezett. A 210 mg Bi_2Te_3 mintában összesen 787 μmol Te van, a ^{130}Te gyakorisága pedig 34,08 %, vagyis a ^{130}Te anyagmennyisége 268 μmol . Most már csak az ásványok keletkezésének idejét kellene ismerni a ^{130}Te felezési idejének a meghatározásához. Ehhez egy másik nemesgáz, az Ar kőzetekben mért mennyiségét lehet felhasználni. A vizsgált kőzetben találtak biotit nevű, $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$ általános képletű ásványt is. A ^{40}K izotópból $1,3 \times 10^9$ év felezési idővel, β^- -bomlással ^{40}Ar keletkezik. Így az Ar-zárvényok mérése alapján meg lehetett határozni, hogy az ásvány 93 millió éve keletkezett. Tehát a ^{130}Te felezési ideje:

$$t_{1/2} = \frac{268 \mu\text{mol} \times \ln 2}{21,2 \text{ amol}} \times 9,3 \times 10^7 \text{ év} = 8,1 \times 10^{20} \text{ év}$$

Az 1. táblázatban megadott szám több hasonló kísérlet átlagából származik, és a ma legmegbízhatóbbnak tekintett adatot jelenti. A ^{128}Te felezési idejét hasonló gázzárvényokban lévő ^{128}Xe és ^{130}Xe mennyisége alapján számították ki.

² N. Takaoka, Y. Motomura, K. Nagao *Phys. Rev. C* **1996**, 53, 1557.

GONDOLKODÓ



„MIÉRT?” (WHY? WARUM?)

Alkotó szerkesztő: Dr. Róka András

Ebben a rovatban általatok is jól ismert jelenségek, vagy otthon is elvégezhető kísérletek magyarázatát várjuk el tőletek. A feladatok megoldásával minden korosztály próbálkozhat, hiszen a jelenséget különböző tudásszinten is lehet értelmezni. Éppen ezért rész megoldásokat is be lehet küldeni! A lényeg az ismeretek mozgósítása, az önálló elképzelés bizonyító erejű kifejtése. A kérdéseket (olykor) szándékosan fogalmazzuk meg a mindennapok nyelvén, hogy – reményünk szerint – minél inkább a lényegre irányítsuk a figyelmet. Jó szórakozást és sikeres munkát kívánunk!

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2009. február 27-ig postára adva:

KÖKÉL „Miért”

ELTE Főiskolai Kémiai Tanszék

Budapest Pf. 32.

1518

1. Hányféle kötéstípust, és ezen keresztül hányféle rácstípust alakíthat ki a hidrogénatom, és miért?

2. Megfelelő körülmények között miért létezhetnek, illetve nem léteznek az alábbi részecskék?

- klórmolekula (Cl_2),
- nátriummolekula (Na_2)

- neonmolekula (Ne_2)
- kétatomos kénmolekula (S_2)
- kalciummolekula (Ca_2)

3. A hidrogénatom, a lítiumatom, a nátriumatom, a káliumatom, a klóratom, a brómatom energianyereséggel vesz fel egy elektront, míg a magnézium-, kalcium-, báriumatom elektronfelvétele energiát igényel. Az elektronszerkezet figyelembevételével milyen magyarázatot tudnánk erre adni?

4. Oxidálnak vagy redukálnak az alábbi többlettöltéssel rendelkező részecskék, illetve anyagok? Miért?

- negatív töltést hordozó (vagyis az egyenáramú feszültségforrás negatív pólusára kapcsolt) grafit elektród,
- pozitív töltésfelesleget hordozó klóratom, mint például a hipoban (HOCl),
- pozitív töltésfelesleget hordozó nitrogénatom (mint például a sejtek energia termelésében nélkülözhetetlen szerepet játszó NAD^+ -ban (nikotinsavamid-adenin-dinukleotid),
- hidridion (H^-),
- pozitív többlettöltést hordozó (az egyenáramú feszültségforrás pozitív pólusára kapcsolt) platina.

5. Tapasztalataink szerint a kloridion nem lép reakcióba a vízzel. (Például a nátrium-klorid nem hidrolizál, vizes oldata semleges kémhatású.) A hidridion elektronszerkezete éppúgy nemesgáz szerkezet, mint a kloridioné, az alkálifémek hidridjei vízzel érintkezve mégis reakcióba lépnek, és hidrogént fejlesztenek. Miért?

6. Rézből, illetve platinából készített súlysorozat 100 grammos súlyát higanyba helyezük. (A folyadékoszlop magassága többszöröse a súly magasságának) Várhatóan mi történik? Miért?

7. A grafén – az elektronika újabb ígéretes szerkezeti anyaga – nem más, mint a grafit egyetlen rétege. Milyen tulajdonságokkal rendelkezhet? Miért?

Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Tóth Albertné
toth.albertne@freemail.hu

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2009. február 27-ig postára adva:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

Irinyi János Gimnázium és Szakközépiskola
 4024 Debrecen
 Irinyi utca 1.

K101. Telített oldathoz jutunk, ha 88,32 g vízből és 32,38 g kristályos réz-szulfátból 20°C-os oldatot készítünk. A keletkező oldat réz-szulfátra nézve 17,15 tömeg %-os. A keverék 80°C-ra történő felmelegítésekor még további 73,82 gramm kristályos réz-szulfát hozzáadására válik telítetté.

- Számítással állapítsd meg a kristályos réz-szulfát képletét!
- Mennyi a réz-szulfát oldhatósága 80°C-on „vízmentes anyag tömege/100 g víz” egységben?
- Hány gramm vizet kell a 80°C-os oldathoz adni, hogy az oldószer tömegtörtje 0,8 legyen?
- Az oldhatósági táblázatok 0°C és 100°C hőmérsékleti tartományban közlik a telített vizes oldatok összetételét. Lehetséges-e ennek a hőmérsékleti tartománynak a kiszélesítése azáltal, hogy 0°C alatt és 100°C felett is van mérhető adat?

K102. Milyen térfogat-arányban önthettünk össze azonos anyagmennyiség-koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatot és kénsav-oldatot, ha a kapott elegy koncentrációja sóra nézve 4,26 g/dm³, szulfát-ionra 0,04 mol/dm³?

Milyen az oldat kémhatása? Becsléssel határozd meg az oldat pH-ját!

K103. Kénsavat és sósavat tartalmazó vizes oldat 10,00-10,00 grammjával végeztünk el két mérést. Az egyik részlet közömbösítéséhez 20,00 cm³ térfogatú 0,500 mol/dm³ koncentrációjú KOH-oldatra volt szükség. A

másik mintához fölös* mennyiségű 0,500 mol/dm³ koncentrációjú BaCl₂-oldatot adva 0,933 g fehér csapadékot kaptunk, mértünk.

Hány gramm kénsavat, ill. hidrogén-kloridot tartalmaz a vizsgált 10,00 g oldat? Hogyan lehet a kísérlet során tervezni, hogy a BaCl₂-oldat valóban fölös mennyiségű legyen, de ne legyen indokolatlanul sok (tekintettel a hulladék mennyiségére és minőségére)? Hány gramm fém káliumot kellene 10,00 g oldattal sztöchiometrikus mennyiségben reagáltatni, hogy a gázfejlődés után visszamaradó végtermék minden komponense szilárd halmazállapotú legyen?

K104. Ismert tény, hogy az oldatok fagyáspontja alacsonyabb a tiszta oldószerehez képest. Az utak téli sózása azért megoldás a jegesedés ellen, mert a só-oldat /sós víz fagyáspontja kisebb a víz 0°C-os fagyáspontjánál. A jelenségkör vizsgálatokor megállapították, hogy a fagyáspont-csökkenés mértékét döntően az oldószer minősége, mennyisége, és az oldott anyag minősége, mennyisége határozza meg. (Minőség: az anyag kémiai összetételét jelenti). Az alábbi, vizes oldatokkal készített mérési sorozatból (I.-II.-III.) meghatározható, és meghatározandó az oldott anyag képlete! A vizsgált oldatok desztillált vízből és a kérdéses ismeretlen vegyületből (alkálifém-halogenidje) készültek. „T”: az oldat fagyáspontja.

I. Azonosan nagy mennyiségű vízben különböző anyagmennyiségű (n) vegyületet oldottunk:

n (mól)	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
T (°C)	0,00	-1,86	-3,72	-5,58	-7,44	-9,30

II. Különböző mennyiségű, (m_v) tömegű vízben n=0,1 mól ismeretlen vegyületet oldottunk:

m _v (gramm)	25,0 g	50,0 g	75,0 g	100 g	150 g
T (°C)	-7,44	-3,72	-2,48	-1,86	-1,24

III. Néhány, ismert tömeg %-os (m/m%) oldat fagyáspontja:

m/m%	0	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
T (°C)	0,00	-1,32	-1,67	-2,03	-2,39	-2,76

További kérdések : Mennyi annak az oldatnak a fagyáspontja, amely 1000 gramm víznek, és 1,000 mól oldott anyagnak a keveréke?

Hány mól %-os (n/n%) összetételű a $-5,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ fagyáspontú oldat ?

K105. Metángázt vezetünk 35,29 térfogat %-os oxigéntartalomra dúsított levegőbe. Az így keletkezett gázelegy levegőre vonatkoztatott sűrűsége 0,945. A gázelegyet meggyújtva, elégetve, $\text{CO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ és $\text{N}_2(\text{g})$ tartalmú füstgáz keletkezett./A szén-dioxidgáz képződéshője -394 kJ/mol , a metáné $-79,4\text{ kJ/mol}$, a vízgőz képződéshője -242 kJ/mol

a.) Határozd meg a kiindulási gázelegy térfogat százalékos összetételét!

b.) Hogyan változik a füstgáz nyomása a kiindulási gázelegy nyomásához képest az égés hőmérsékletén?

c.) Határozd meg a füstgáz tömeg százalékos összetételét!

d.) Mennyi hő szabadul fel 20 kmol mennyiségű gázelegy elégetése során?

e.) Mire elegendő ennyi hő?

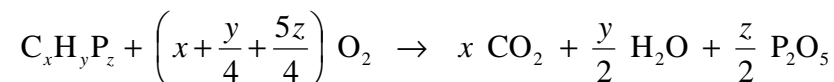
Szemléltess két példán a keletkező hő nagyságát!

Feladatok haladóknak

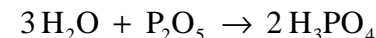
*Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd
(gmagyarf@chem.elte.hu, szilard.varga@bolyai.elte.hu)*

Megoldások

H91. A vegyület foszfor-tartalma foszfor(V)-oxidá (P_2O_5 , megjegyzendő, hogy valóságban azonban P_4O_{10} molekula keletkezik) ég el, mely a jelenlévő vízzel foszforsavat (H_3PO_4) képez. Az egyszerűség kedvéért természetesen számolhatunk P_2O_5 -dal is:



A foszfor-pentoxid teljes mennyiségéből H_3PO_4 keletkezik, és mellette még víz is marad:



Mivel az égetés során $z/2$ mólnyi P_2O_5 keletkezett, ebből z mólnyi H_3PO_4 jön létre, melyhez $3z/2$ mólnyi vízre van szükség, tehát a foszforsav-oldat víztartalma $(y/2 - 3z/2)$ mólnyi. A foszforsav ($M=98\text{ g/mol}$) és a víz ($M=18\text{ g/mol}$) mennyiségéből meghatározhatjuk az $y : z$ arányt. A 84,48 tömeg%-os foszforsav-oldatban a $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{H}_2\text{O}$ arány: $(84,48 / 98) / (15,52 / 18) = 1 : 1$, azaz $y/2 - 3z/2 = z$, melyből azt kapjuk, hogy $y = 5z$.

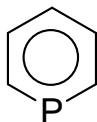
A CO_2 – maradék O_2 arányból pedig megkaphatjuk x értékét:

$$10 - \left(x + \frac{y}{4} + \frac{5z}{4}\right) = \frac{x}{2}$$

$$10 - x - \frac{5z}{4} - \frac{5z}{4} = \frac{x}{2}$$

$$x = \frac{20 - 5z}{3}$$

Most már csak annyi a dolgunk, hogy megkeressük a reális megoldást: $z = 1$ esetén $x = 5$, minden más esetben kémiai szempontból irreleváns az eredmény. Tehát a vegyület összegképlete: C_5H_5P , egy lehetséges szerkezet az ún. foszfabenzol (más néven foszfinin vagy foszforin), a piridin foszfor-analógja:



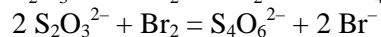
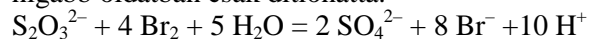
(Benkő Zoltán)

H92.

a) A víz deutériumtartalma nagyobb egy fa leveleiben, mint a gyökereiben, mivel a D_2O és HDO nehezebben párolog, mint a H_2O , így feldúsulnak a levélben található vízben. Ekkora hatású izotópeffektus nincs a növény gyökerében. (2 pont)

b) Ahogy többen kísérleteik alapján meg is állapíthatták, a tiszta vízben olvad el hamarabb a jégkocka. Akár sós, akár tiszta vízben tartjuk a jégkockát, ha nem túl kevés a folyadék, akkor az egy idő múlva beálló egyensúlyi állapot mindkét esetben egy homogén hőmérsékletű sóoldat lesz (tiszta víz esetén 0 koncentrációjú). Azonban az egyensúly nem ugyanolyan gyorsan áll be, vagyis az oldódás kinetikája a hasonló végállapot ellenére különböző lesz. Az olvadás során a hőátadást kell vizsgálnunk, és ez a két esetben nem ugyanolyan: egyrészt a hővezetés a sós vízben kissé lassabb, másrészt az olvadó jégből keletkező víz elegyedése a sós és ezért sűrűbb vízzel lassabb, mint a különböző hőmérsékletű tiszta vizek elegyedése. (2 pont)

c) A Br_2 nagy töménységben szulfátiónná oxidálja a tioszulfátot, míg hígabb oldatban csak ditionáttá.



A reakcióegyenletekből következik a nyolcszoros fogyás a tömény oldatok esetén. (2 pont)

Ez az oxidáló erő már további kétszeres hígításra már nem változik jelentősen, így a fogyás változatlan. (2 pont)

d) A két fémdarab összehegedése nem más, minthogy a két fémkristály-rácsból egy egységes, új rács jön létre. Mikroszkopikus megfogalmazásban ez a folyamat entalpiában kedvező, hiszen az egyes

fémek elektronrendszere ezentúl mindkét fémre kiterjed, ami jelentős energianyereség. Makroszkopikus megfogalmazásban: csökkennek a szabad felületek, ami a felületek létrehozásához szükséges energia felszabadulásával jár. (1 pont)

Entrópiában a folyamat kissé kedvezőtlen, hiszen két testből egy lett, ami a szabadsági fokok csökkenését jelenti. (1 pont)

Összefoglalva: mind az összentalpia, mind pedig az összentrópia csökken.

A pontozás úgy történt, hogy a helyes válaszok a helyes indoklással kapták a fentiekben megadott pontokat. Helyes válasz hibás indoklással, vagy hibás válasz bármilyen indoklással nem kapott pontot. Az átlagpontoszám 2,7, a legjobb eredmény 8 pont lett (Kondacs László). A b) részfeladat esetén sokan olyan törvényszerűségeket próbáltak alkalmazni (Raoult-törvények, kisózási elv, stb.), amelyek egyensúlyok leírására alkalmasak, de nem mondanak semmit az egyensúlyhoz vezető útról. Ebben a kérdésben pedig éppen arról kellett elgondolkodni.

(Stirling András)

H93.

a) Ha az egy elvégzett titrálással sikerül két koncentrációt azonosítani, a harmadik magától értetődően adódik, ezért nem szükséges a titráláshoz mindhárom ismeretlent felhasználni. Ez a könnyebbség leszűkíti azon keverési arányok számát, amelyek nem használhatók fel az azonosításra. A felhasználásra alkalmatlan térfogatarányok az 1:1 és az 1:2.

Az arány kiválasztása után, a rendelkezésre álló térfogatmérő eszközök, a lehetséges hat féle mérendő fogyás és a mérőoldat koncentráció ismeretében a titrálást megtervezhetjük. Nem célja a feladatnak a pontos kvantitatív analízis, de ügyelni kell arra, hogy a lehetséges hibaforrások az elkülönítést ne akadályozzák. Ilyen hiba lehet a levegő CO_2 tartalma, a térfogatmérő eszközök pontossága, emberi hiba, stb. A legsúlyosabb esetünkben az indikátorhiba lesz, ennek nagyságrendjére teszünk becslést. Mint ahogy a probléma kitűzése sem utalt a hibalehetőségek kezelésére, látni fogjuk, hogy csak szélsőséges esetekben lehet számottevő jelentőségük.

Praktikus okokból például az 1:3 arány és 5 cm^3 -es pipetta választás lehetséges. Ekkor a mérés menete:

Két választott oldatból 5 cm^3 -t (1. oldat) és 15 cm^3 -t (2. oldat) pipettázunk egybe, esetlegesen kiforralt desztillált vízzel kétszeresére hígítjuk és 1-2 csepp metilnarancs indikátort adunk hozzá. A titrálást 0,1 mol/dm^3

koncentrációjú HCl oldattal sárgából hagymahéj színig való átmenetig végezzük.

A várható fogyások ideális körülmények közt $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ egyenlet alapján:

c_{NaOH} (mol/dm ³) 1. oldat	c_{NaOH} (mol/dm ³) 2. oldat	n_{NaOH} (mmol) össz.	V_{HCl} (cm ³) fogyás
0,1	0,2	3,5	35
0,1	0,3	5,0	50
0,2	0,1	2,5	25
0,2	0,3	5,5	55
0,3	0,1	3,0	30
0,3	0,2	4,5	45

A fogyás ismeretével mindhárom oldat azonosítható. Több megoldó is a gyakorlatban feleslegesen nagy, dm³ nagyságrendbe eső részleteket mért ki, így a fogyásai is ilyen hatalmasak lettek.

A második probléma az indikátorhiba miatti pontatlanság és a nem ideális arányok megválasztásakor lép fel:

Metilnarancs (gyenge sav HA jelöléssel) esetén: $\text{p}K_{\text{A}}=3,76$ ezért a jelzett végpont savas, az oldatot túltitráljuk. Sav-bázis titrálás során a végpontot akkor állapítjuk meg, ha a kétszínű indikátor protonált és deprotonált formája egyenlő koncentrációban van jelen. A színátmenet érzékelése akkor kezdődik, ha az egyik forma aránya eléri a 10 %-ot. 90 % felett a szín állandósul. A titrálás végpontjában $[\text{HA}]=[\text{A}^-]$:

$$K_{\text{A}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$K_{\text{A}} = [\text{H}^+] \text{ a végpont pH-ja } 3,76 .$$

Ha a NaOH oldat V térfogatú és c koncentrációjú volt eredetileg a 0,1 mol/dm³-es HCl oldatból a fogyás x . Ekkor a végpontban:

$$[\text{H}^+]_{\text{HCl}} \cdot x - [\text{OH}^-]_{\text{NaOH}} \cdot V = [\text{H}^+]_{\text{végső}} \cdot (V + x)$$

Behelyettesítve:

$$0,1 \cdot x - V \cdot c = (V + x) \cdot 10^{-\text{pH}}$$

A konkrét számpélda adataival a fogyás $V=20 \text{ cm}^3$ és $c=0,125 \text{ mol/dm}^3$ felhasználásával 25,08 cm³ a várt 25 cm³ helyett és esetleges hígítással

tovább nő. Ezért nem helyes 1:100 arány közelében keverni az oldatokat, mert az indikátorhiba már ebben az esetben is 0,3 %. Hígabb oldatokra, a végpont $[\text{H}^+]$ közelében pedig 1 % fölötti.

b) Az oldhatóság nyomásfüggéséhez érdemes az oldódás során bekövetkezett térfogatváltozást megvizsgálni.

Szilárd NaCl és desztillált víz keveréséből állítjuk elő a telített oldatot a többség választotta konkrét példán bemutatva:

100 g oldat a sűrűség alapján $V_{\text{oldat}} = 83,5 \text{ cm}^3$.

100 g oldat 21,8 g NaCl és 78,2 g H₂O. A víz sűrűségét 1 g/cm³-nek véve a két részlet térfogata: $V_{\text{NaCl}}=10,1 \text{ cm}^3$ és $V_{\text{víz}}=78,2 \text{ cm}^3$.

Az oldódás során $\Delta V = -4,8 \text{ cm}^3 < 0 \text{ cm}^3$.

A Le Chatelier-elv alapján a nyomás növelését az oldat térfogatának csökkenése kompenzálja, ez pedig arra mutat, hogy a növekvő nyomással oldódás jár együtt.

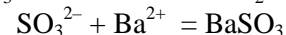
A feladatra 31 megoldás érkezett, a pontátlag 5,97. A b) részre kevesebben adtak megoldást. Az a) résznél több helyen hiányzott a megfelelő arányok kiválasztásának indoklása, illetve a titrálás gyakorlati megvalósításának minimális meggondolása. Májusi Gábor mindkét feladatrészre adott megoldása kiemelkedő.

(Nagy Péter)

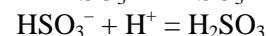
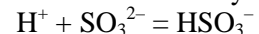
H94.

I. tanuló:

Na₂SO₃ oldathoz fölös BaCl₂ hozzáadására:

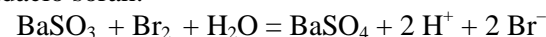


A BaCl₂ savasan hidrolizál, a Br₂-os víz hozzáadása után tovább csökkenti az oldat pH-ját, emiatt a következő egyensúlyok a pH növelése, vagyis a SO_{2(g)} kibuborékolása irányába tolódnak el:



Itt követi el a tanuló a hibát, ugyanis a SO_{2(g)} távozásakor a maximálisan leválhasztható szulfid és emiatt a szulfát koncentráció is csökken.

Az oxidáció során:



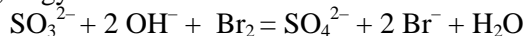
Többen próbálták az első tanuló hibáját azzal magyarázni, hogy a heterogén reakcióban az oxidáció nem teljes. Azonban az oldatban lévő

szulfid oxidációjakor a BaSO_3 visszaoldódik, mert az oldatban lecsökken a szulfid koncentráció.

A hevítés során nem változik egyik esetben sem az összetétel, a végeredmény BaSO_4 .

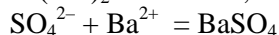
II. tanuló

A második tanuló elkerülte az első hibáját, még azelőtt meglúgosította az oldatot, hogy a szulfid elbomolhatott volna.



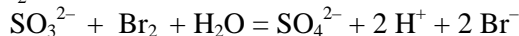
Többen követték el azt a félreértést, hogy a Br_2 -os víz és a lúgos oldat összekeverésekor helyesen felírták a Br_2 diszproporcióját, de azt állították, hogy a hipobromit ionok már nem oxidálják a szulfidot.

A másik gyakori félremagyarázás abból származott, hogy a BaSO_4 csapadék jelenlétében a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ leválása miatt feltételezték a megoldók tömegcsökkenést az elvárható maximálishoz képest. Az oldhatósági szorzat $\text{Ba}(\text{OH})_2$ esetén 10^{-2} , BaSO_4 esetén pedig 10^{-10} nagyságrendbe esik.

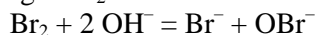


III. tanuló

Fölös Br_2 -os víz hatására:



A felesleges Br_2 elszíntelenedése:



A BaSO_4 csapadék a II. tanuló 2) egyenlete szerint itt is leválik.

Mivel a III. tanuló is későn lúgosított, I. tanulóhoz hasonlóan savas közegben bontott el kénessavat, amivel elrontotta a meghatározását.

A II. tanuló mérése alapján:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3, \text{össz}) = n(\text{BaSO}_4) = 233 \text{ mg} / 233 \text{ g/mol} = 1 \text{ mmol}$$

A 252 mg kezdeti kristályból tehát 126 mg Na_2SO_3 és a maradék 126 mg kristályvíz.

Ez a mennyiség tömegszázalékban 50 %, összetételében $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

A feladatra 23 megoldás érkezett, ezek pontátalaga 6,22. A legtöbb megoldó a felsorolt félreértések miatt helytelenül indokolt, a helyes összetételt ennek ellenére a többség meg tudta állapítani. Hiánytalan Sebő Anna, Somlyay Máté, Bacsó András, Dúzs Brigitta, Pócs Eszter Sarolta, Bali Krisztina és Vörös Tamás megoldása.

(Nagy Péter)

H95.

a) A háztartási gázórán leolvasott gázfogyasztás úgynevezett gáztechnikai normálállapotra vonatkozik (1 atm nyomás és 15 °C hőmérséklet). Kérdés, hogy mennyi hő szabadul fel 1 m³ térfogatú, gáztechnikai normálállapotú metán égésekor, ha a keletkező víz légnemű és mennyi, ha a keletkező víz folyékony? Tételezzük fel, hogy az égés előtt a reaktánsok és az égés után a termékek is 25 °C hőmérsékletűek és 1 bar nyomásúak!

Megoldás:

A reakcióegyenlet: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

A standard moláris reakcióentalpia 25 °C hőmérsékleten, ha vízgőz keletkezik:

$$\Delta_r H^\circ = -1 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CH}_4) - 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2) + 1 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))$$

$$\Delta_r H^\circ = (-1 \cdot (-74,81) - 2 \cdot 0 + 1 \cdot (-393,51) + 2 \cdot (-241,82)) \text{ kJ mol}^{-1} = -802,34 \text{ kJ mol}^{-1}$$

A standard moláris reakcióentalpia 25 °C hőmérsékleten, ha folyékony víz keletkezik:

$$\Delta_r H^\circ = -1 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CH}_4) - 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2) + 1 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l}))$$

$$\Delta_r H^\circ = (-1 \cdot (-74,81) - 2 \cdot 0 + 1 \cdot (-393,51) + 2 \cdot (-285,83)) \text{ kJ mol}^{-1} = -890,36 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$pV = nRT$$

$$n = pV/RT = (101325 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3) / (8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 288,15 \text{ K}) = 42,295 \text{ mol}$$

Ha a metánt tökéletes gáznak tekintjük, a fenti körülmények között 1 m³ tehát 42,295 mol metánt tartalmaz.

Ha $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ keletkezik, akkor 1 m³ metán elégésekor

$$q = 42,295 \text{ mol} \cdot (-802,34) \text{ kJ mol}^{-1} = -33935 \text{ kJ} = -33,935 \text{ MJ a hőváltozás. (A gázművek 34 MJ/m}^3 \text{ fűtőértékkel számol.)}$$

Ha $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ keletkezik, akkor 1 m³ metán elégésekor

$$q = 42,295 \text{ mol} \cdot (-890,36) \text{ kJ mol}^{-1} = -37658 \text{ kJ} = -37,658 \text{ MJ a hőváltozás.}$$

Ez utóbbi 10,97%-al több, tehát ennyivel lenne nagyobb egy kondenzációs kazán hatásfoka, ha minden vízgőz kondenzál és a reakciótermékek 25 °C hőmérsékletűek.

b.) A példában szereplő hagyományos cirkónál 150 °C hőmérsékletű füstgáz, míg a kondenzációs cirkónál 50 °C hőmérsékletű füstgáz hagyja el a házat. Mennyi hő fűti a házat 1 m³ térfogatú, gáztechnikai normálállapotú földgáz elégetésekor a kétféle cirkó esetén?

Megoldás:

Hagyományos cirkó: A levegőben 0,21 mol O₂-re 0,79 mol N₂ jut, tehát 1 mol O₂-re 0,79/0,21=3,7619 mol N₂, illetve 2 mol O₂-re 2·3,7619=7,5238 mol N₂ jut. Az égés egyenlete CH₄ + 2 O₂ = CO₂ + 2 H₂O, tehát sztöchiometrikus égés esetén 1 mol CH₄ elégetésekor a hagyományos cirkó füstgáza 1,0000 mol CO₂-t, 2,0000 mol H₂O-t és 7,5238 mol N₂-t tartalmaz (összesen 10,5238 mol).

A füstgáz összetétele tehát

$$\begin{aligned}x(\text{CO}_2) &= 1/10,5238 \times 100 = 9,502\%, \\x(\text{H}_2\text{O}) &= 2/10,5238 \times 100 = 19,005\%, \\x(\text{N}_2) &= 7,5238/10,5238 \times 100 = 71,493\%\end{aligned}$$

A füstgázelegy moláris hőkapacitása:

$$\begin{aligned}C_p &= x(\text{CO}_2) \cdot C_{pm}(\text{CO}_2) + x(\text{H}_2\text{O}) \cdot C_{pm}(\text{H}_2\text{O}) + x(\text{N}_2) \cdot C_{pm}(\text{N}_2) = \\&= (0,09502 \cdot 37,11 + 0,19005 \cdot 33,58 + 0,71493 \cdot 29,125) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = \\&= 30,7304 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}\end{aligned}$$

1 mol ilyen gázelegy felmelegítéséhez szükséges hő 25 °C-ról 150 °C-ra:

$$\Delta H = 1 \text{ mol} \cdot (+30,7304) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 125 \text{ K} = +3841,30 \text{ J}$$

1 mol CH₄ elégetésekor 10,5238 mol füstgáz keletkezik, ekkor 10,5238·3841,30 J = +40425 J = +40,425 kJ kell a füstgáz felmelegítésére, tehát 1 mol földgáz elégetésekor hasznosul -802,34 kJ + 40,41 kJ mol⁻¹ = -761,93 kJ hő. A tökéletes gázok törvénye alapján 1 m³ térfogatú, 1 atm nyomású és 15 °C hőmérsékletű metán 42,295 mol, tehát 1 m³ földgáz égéséből 42,295 mol·(-761,93) kJ = -32226 kJ = -32,226 MJ hő hasznosítható. A hatásfok a gáz fűtőértékéhez képest -761,93/-802,34 = 95,0 %.

Kondenzációs cirkó esetén az alacsony füstgáz-hőmérséklet miatt a keletkező víz egy része lecsapódik és a füstgáz telített lesz vízgőzre. A víz egyensúlyi gőznyomása ezen a hőmérsékleten 12332 Pa, tehát a víz aránya a füstgázban

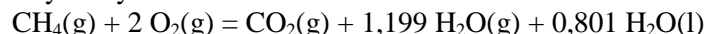
$$x(\text{H}_2\text{O}) = 12332 \text{ Pa} / 100000 \text{ Pa} = 12,332 \text{ mol}\%$$

A maradék (100,000 - 12,332) mol% = 87,668 mol% a CO₂ és az N₂ között 1 : 7,5238 arányban oszlik meg, tehát

$$\begin{aligned}x(\text{CO}_2) &= 1/8,5238 \cdot 87,668 \text{ mol}\% = 10,285 \text{ mol}\%, \\x(\text{N}_2) &= 7,5238/8,5238 \cdot 87,668 \text{ mol}\% = 77,383 \text{ mol}\%.\end{aligned}$$

Ez azt is jelenti, hogy minden 1 mol keletkező CO₂ mellett 12,332/10,285=1,199 mol víz lesz légnemű és 2,000-1,199=0,801 mol vízből lesz folyadék. Elhanyagoltuk, hogy a CO₂ egy része a lecsapódó vízben feloldódik. A CO₂ oldódása nem változtatja meg a lecsapódó víz arányát, de csökkenti a füstgázban a CO₂ koncentrációját.

A kondenzációs cirkó esetén az adott körülményeknél a termokémiai egyenlet, figyelembe véve, hogy a fenti arányban keletkezik légnemű és folyékony víz:



A megfelelő moláris entalpiaváltozás:

$$\Delta_r H^\theta = -1 \cdot \Delta H_f^\theta(\text{CH}_4) - 2 \cdot \Delta H_f^\theta(\text{O}_2) + 1 \cdot \Delta H_f^\theta(\text{CO}_2) + 1,199 \cdot \Delta H_f^\theta(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) + 0,801 \cdot \Delta H_f^\theta(\text{H}_2\text{O}(\text{l}))$$

$$\Delta_r H^\theta = -1 \cdot (-74,81) - 2 \cdot 0 + 1 \cdot (-393,51) + 1,199 \cdot (-241,82) + 0,801 \cdot (-285,83) = -837,5920 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Ilyenkor a füstgáz-elegy moláris hőkapacitása:

$$C_p = (37,11 \cdot 0,10285 + 33,58 \cdot 0,12332 + 29,125 \cdot 0,77383) \text{ J mol}^{-1} = 30,496 \text{ J mol}^{-1}$$

1 mol CH₄ elégetésekor (1,0000+7,5238+1,199) mol = 9,7228 mol füstgáz keletkezik, és ennek a 25 °C-ról 50 °C-ra felmelegítéséhez szükséges entalpia:

$$\Delta H = 9,7228 \text{ mol} \cdot (+30,49) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 25 \text{ K} = +7411,2 \text{ J} = +7,4112 \text{ kJ}$$

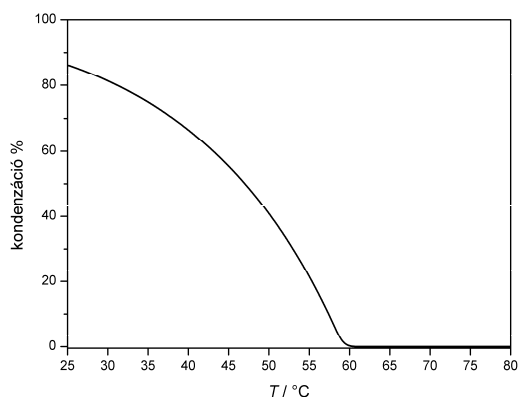
A folyékony víz moláris hőkapacitása 75,291 J K⁻¹ mol⁻¹, tehát a keletkező 0,801 mol folyékony víz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

$$\Delta H = 0,801 \text{ mol} \cdot (+75,291) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 25 \text{ K} = +1507,7 \text{ J} = +1,5077 \text{ kJ}$$

Egy mol földgáz elégetésekor hasznosul -837,5920 kJ + 7,4112 kJ + 1,5077 kJ = -828,6731 kJ. A tökéletes gázok törvénye alapján 1 m³ térfogatú, 1 atm nyomású és 15 °C hőmérsékletű metán 42,295 mol, tehát 1 m³ földgáz égéséből 42,295 mol·(-828,6731) kJ = -35049 kJ = -35,049 MJ hasznosítható. A hatásfok a gáz fűtőértékéhez képest -828,67/-802,34 = 103,3 %.

Egy m^3 földgáz égésekor tehát 32,226 MJ hőt hasznosítunk a hagyományos és 35,049 MJ hőt a kondenzációs cirkóban. A kondenzációs cirkó tehát a példában megadott körülmények között 8,8 %-al jobban hasznosítja a földgáz égéséből származó hőt.

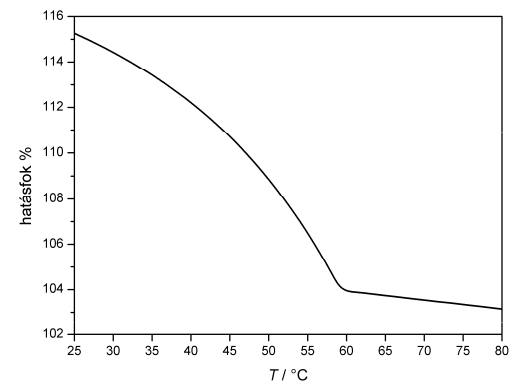
A kondenzációs cirkó kazánokban a füstgáz alacsony hőmérsékletre lehűthető és ezt a hőmérsékletet a kazánba visszatérő meleg víz hőmérséklete szabja meg. Végezzük el a fenti számítást minden egész hőmérsékletértékre 25 °C és 80 °C között! Ezek a hőmérséklet határok a padlófűtésnek, illetve a nagyon forró radiátoros fűtésnek felelnek meg. A számításokhoz ismernünk kell a víz egyensúlyi gőznyomásának hőmérsékletfüggését, aminek táblázatát könyvtárban (Handbook of Chemistry and Physics: 73rd Edition (1992-93)) vagy az Internetről (<http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/GasLaw/Vapor-Pressure-Data.html>) szerezhethetjük be. A számításokat táblázatkezelővel (pl. Excel) elvégezve azt láthatjuk, hogy az égés során keletkező víznek közel 80%-a kondenzál 30 °C-on. Ha a hőcserélő 50 °C-os, akkor a víznek csak közel 40%-a kondenzál, míg 60 °C felett egyáltalán nincs kondenzáció. A fenti számításból látszik, hogy a kondenzáció mértéke a légnyomástól is függ! Egy radiátoros fűtésnél 40 °C lehet a visszatérő víz hőfoka, míg padló- vagy falfűtésnél 25 °C is elérhető. Mindkét esetben a kondenzációs kazán sokkal energiatakarékosabb, mint a hagyományos cirkó.



A kondenzáció mértéke (%) a kazánba visszatérő víz hőmérsékletének függvényében.

A hagyományos cirkóval szemben elsősorban azért magasabb egy kondenzációs kazán hatásfoka, mert hasznosítja a víz kondenzációs hőjét,

illetve mert a füstgáz alacsonyabb hőfokon távozik. Ennek megfelelően a hőcserélő hőmérsékletét növelve a kondenzáció arányának csökkenésével erősen romlik a hatásfok, majd a kondenzáció megszűnte után a hatásfok kissé tovább csökken, mert a kiáramló füstgáz hőmérséklete növekszik.



Kondenzációs cirkó hatásfoka (%) egy hagyományos cirkóhoz képest (100%) a kazánba visszatérő víz hőmérsékletének függvényében.

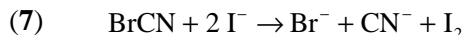
Lakásfűtéssel kapcsolatos gáztakarékosságról a következő Web oldalon lehet még olvasni: <http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/energia.html>.

A megoldásokról: 28 tanuló küldött be megoldást, közülük 16 eredménye legalább 8 pontos. Majdnem mindenki jól számította ki a gázelegyek összetételét. Sokan úgy számoltak, mintha a megadott reakcióentalpia 1 atm nyomásra és 15 °C hőmérsékletre vonatkozott volna. A példa bonyolultságára tekintettel ezért nem vontam le pontot, bár a megadott képződési entalpiák 1 bar nyomásra és 25 °C hőmérsékletre vonatkoztak.

(Turányi Tamás)

HO-37. A rendezett reakcióegyenletek:

- (1) $\text{IO}_3^- + 5 \text{I}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- (2) $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
- (3) $\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{BrCl} + \text{Cl}^-$
- (4) $\text{I}^- + 3 \text{Cl}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + 6 \text{Cl}^- + 6 \text{H}^+$
- (5) $\text{BrCl} + \text{CN}^- \rightarrow \text{BrCN} + \text{Cl}^-$
- (6) $\text{Cl}_2 + \text{CN}^- \rightarrow \text{ClCN} + \text{Cl}^-$



Az első kísérlet során megállapítjuk a **halogenid**-ionok (és így a kationok) mennyiségét: minden anion (klorid, bromid, jodid) helyett egy jodát-ion megy oldatba, az összmennyiség $1/10$ -edét titráljuk meg. Egy anionra így 6 mólnyi tioszulfát-ion fogy, azaz az 500 mg-os mintában összesen 8,2583 mmol anion (és persze ugyanennyi kation) van.

A következő kísérletben ismét 500 mg-os mintát dolgoztunk fel, és az egyenletek alapján látható, hogy 1 mólnyi **jodid**-ionból 1 mólnyi jodát keletkezik, majd abból 3 mólnyi elemi jód, mely a titrálás során $3 \cdot 2 = 6$ mólnyi tioszulfátot fogyaszt. Így a jodid ionok mennyisége: $5,4 \cdot 0,1 / 6 = 0,0900$ mmol.

A **bromid**-ionokkal szintén egyszerű a dolgunk, 1 mól bromidból 1 mól BrCl lesz, majd abból 1 mól BrCN, mely 1 mól elemi I_2 -ot választ ki a KI-ből. Így 1 mól bromid ionra 2 mólnyi tioszulfát fogy. A Br^- mennyisége így $1,85 \cdot 0,1 / 2 = 0,0925$ mmol.

A **klorid**-ion mennyisége pedig rögtön adódik:

$8,2583 \text{ mmol} - 0,0900 \text{ mmol} - 0,0925 \text{ mmol} = 8,0758 \text{ mmol}$. Az anionok tömege így a relatív atomtömegekből:

$$\text{Cl}^-: 8,0758 \cdot 35,5 = 286,69 \text{ mg}$$

$$\text{Br}^-: 0,0925 \cdot 80,0 = 7,40 \text{ mg}$$

$$\text{I}^-: 0,09 \cdot 127,0 = 11,43 \text{ mg}$$

Azaz a kationok össztömege: $(500 - 286,69 - 7,40 - 11,43) \text{ mg} = 194,48 \text{ mg}$.

Tudjuk továbbá, hogy a **nátrium**- és **kálium**-ionok anyagmennyiségének összege 8,2583 mmol, így felírható, hogy

$$194,48 \text{ (mg)} = 23 \cdot x \text{ (mg)} + 39 \cdot (8,2583 - x) \text{ (mg)}$$

melyből $x = 7,975$ mmol, azaz a Na^+ ionok tömege: $23 \cdot 7,975 \text{ mmol} = 183,42 \text{ mg}$, a K^+ ionoké pedig $194,48 \text{ mg} - 183,42 \text{ mg} = 11,06 \text{ mg}$.

Így tehát a só minta tömegszázalékos összetétele:

Na^+	36,68 %
K^+	2,21 %
Cl^-	57,34 %
Br^-	1,48 %
I^-	2,29 %

(Benkő Zoltán)

HO-38.

a) **A savkeverék pH-jának kiszámítása** (5 pont)

A tionil-fluorid oldat elnyeletésekor az $\text{SOF}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3 + 2 \text{HF}$ reakció játszódik le. Az oldat tehát $0,01 \text{ mol/dm}^3$ lesz kénessavra és $0,02 \text{ mol/dm}^3$ hidrogén-fluoridra nézve.

Becsüljük meg először az oldat pH-ját! Ha csak nagyságrendi közelítést kívánunk végezni, elhanyagolhatjuk a HF deprotonálódását, és egyszerűen egy $0,01 \text{ mol/dm}^3$ kénessavoldattal számolhatunk.

$$A \quad \frac{[\text{H}^+]^2}{0,01 - [\text{H}^+]} = 1,70 \cdot 10^{-2} \text{ egyenlet alapján } [\text{H}^+] \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3. \text{ Már}$$

ebből a durva becslésből is látszik, hogy a HSO_3^- ionok disszociációja és az OH^- ionok mennyisége elhanyagolható.

Ezért felírva a töltésmérlelet és alkalmazva a fenti becslést:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{F}^-] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}] \approx [\text{F}^-] + [\text{HSO}_3^-].$$

Kifejezve a savmaradékionok koncentrációját a H^+ -ionok koncentrációjával:

$$0,02 \text{ mol/dm}^3 = [\text{F}^-] + [\text{HF}] = [\text{F}^-] \left(1 + \frac{[\text{HF}]}{[\text{F}^-]} \right) = [\text{F}^-] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K} \right).$$

$$0,01 \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}_2\text{SO}_3] + [\text{HSO}_3^-] + [\text{SO}_3^{2-}] \approx [\text{H}_2\text{SO}_3] + [\text{HSO}_3^-] =$$

$$= [\text{HSO}_3^-] \left(\frac{[\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{HSO}_3^-]} + 1 \right) = [\text{HSO}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_1} \right).$$

Ezeket behelyettesítve a $[\text{H}^+] = [\text{F}^-] + [\text{HSO}_3^-]$ egyenletbe:

$$[\text{H}^+] = \frac{0,02}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K} \right)} + \frac{0,01}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_1} \right)} = \frac{0,02 \cdot 6,4 \cdot 10^{-4}}{6,4 \cdot 10^{-4} + [\text{H}^+]} + \frac{0,01 \cdot 1,7 \cdot 10^{-2}}{1,7 \cdot 10^{-2} + [\text{H}^+]}$$

$$= \frac{1,288 \cdot 10^{-4} [\text{H}^+] + 3,264 \cdot 10^{-7}}{[\text{H}^+]^2 + 1,764 \cdot 10^{-2} [\text{H}^+] + 1,088 \cdot 10^{-7}}.$$

$$[\text{H}^+]^3 + 1,764 \cdot 10^{-2} [\text{H}^+]^2 - 1,827 \cdot 10^{-4} [\text{H}^+] - 3,264 \cdot 10^{-7} = 0.$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt[3]{-1,764 \cdot 10^{-2} [\text{H}^+]^2 + 1,827 \cdot 10^{-4} [\text{H}^+] + 3,264 \cdot 10^{-7}}.$$

A fentebb kapott $5 \cdot 10^{-3}$ M kezdőértéket alkalmazva 11 iterációs lépés után kapjuk a $[\text{H}^+] = 8,47 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³ értéket. Azaz pH = 2,07. Látható, hogy a szulfid-ionok mennyisége valóban elhanyagolható.

A NaOH-oldat mennyiségének kiszámítása (1,5 pont)

Ha V cm³ lúgot adunk az oldathoz, akkor:

$$c_{\text{HF}} = 0,02 \frac{100}{100+V} = \frac{2}{100+V} \text{ mol/dm}^3,$$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_3} = 0,01 \frac{100}{100+V} = \frac{1}{100+V} \text{ mol/dm}^3 \text{ és } [\text{Na}^+] = \frac{0,1V}{100+V} \text{ mol/dm}^3.$$

Ha az oldat pH-ja 4, akkor:

$$\frac{2}{100+V} = [\text{F}^-] + [\text{HF}] = [\text{F}^-] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K} \right) = 1,156[\text{F}^-].$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{100+V} &= [\text{H}_2\text{SO}_3] + [\text{HSO}_3^-] + [\text{SO}_3^{2-}] = [\text{SO}_3^{2-}] \left(\frac{[\text{H}_2\text{SO}_3]}{[\text{SO}_3^{2-}]} + \frac{[\text{HSO}_3^-]}{[\text{SO}_3^{2-}]} + 1 \right) = \\ &= [\text{SO}_3^{2-}] \left(\frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} + 1 \right) = 21,118[\text{SO}_3^{2-}]. \end{aligned}$$

$$\text{Innen } [\text{F}^-] = \frac{1,7297}{100+V}, \text{ illetve } [\text{SO}_3^{2-}] = \frac{4,7354 \cdot 10^{-2}}{100+V} \text{ és}$$

$$[\text{HSO}_3^-] = \frac{[\text{H}^+]}{K_2} [\text{SO}_3^{2-}] = \frac{0,94708}{100+V}.$$

Ezeket beírva a töltésmegmaradást kifejező egyenletbe:

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{F}^-] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}] \approx [\text{F}^-] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}]$$

$$10^{-4} + \frac{0,1V}{100+V} = \frac{1,7297 + 0,94708 + 2 \cdot 4,7354 \cdot 10^{-2}}{100+V} = \frac{2,77148}{100+V}.$$

$$\text{Innen } V = 27,6 \text{ cm}^3.$$

b) A savkeverék pH-jának kiszámítása (1 pont)

A szulfuril-klorid a $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$ egyenlet alapján kénsavra 0,01 mol/dm³ és sósavra 0,02 mol/dm³ oldatot eredményez.

Felírva a töltésmérleget és elhanyagolva az OH⁻ ionok mennyiségét:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] + [\text{HSO}_4^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] \approx 0,02 + [\text{HSO}_4^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}].$$

Mivel 0,01 mol/dm³ = $[\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$, ezért innen

$$[\text{H}^+] = 0,03 + [\text{SO}_4^{2-}].$$

Kifejezve a savmaradékionok koncentrációját a H⁺-ionok koncentrációjával:

$$\begin{aligned} 0,01 \text{ mol/dm}^3 &= [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] \left(\frac{[\text{HSO}_4^-]}{[\text{SO}_4^{2-}]} + 1 \right) = \\ &= [\text{SO}_4^{2-}] \left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} \right). \end{aligned}$$

Ezt beírva a fenti egyenletbe:

$$[\text{H}^+] = 0,03 + \frac{0,01}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} \right)} = 0,03 + \frac{0,01 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{1,2 \cdot 10^{-2} + [\text{H}^+]} = \frac{0,03[\text{H}^+] + 4,8 \cdot 10^{-4}}{[\text{H}^+] + 1,2 \cdot 10^{-2}}.$$

$$[\text{H}^+]^2 - 1,8 \cdot 10^{-2}[\text{H}^+] - 4,8 \cdot 10^{-4} = 0.$$

Innen $[\text{H}^+] = 3,27 \cdot 10^{-2}$ mol/dm³, azaz pH = 1,49.

A NaOH-oldat mennyiségének kiszámítása (1,5 pont)

Ha V cm³ lúgot adunk az oldathoz, akkor:

$$[\text{Cl}^-] = 0,02 \frac{100}{100+V} = \frac{2}{100+V}, \quad c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,01 \frac{100}{100+V} = \frac{1}{100+V} \text{ és}$$

$$[\text{Na}^+] = \frac{0,1V}{100+V}.$$

Ha az oldat pH-ja 4, akkor:

$$\begin{aligned} \frac{1}{100+V} &= [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] \left(\frac{[\text{HSO}_4^-]}{[\text{SO}_4^{2-}]} + 1 \right) = \\ &= [\text{SO}_4^{2-}] \left(\frac{[\text{H}^+]}{K_2} + 1 \right) = 1,0083[\text{SO}_4^{2-}]. \end{aligned}$$

$$\text{Innen } [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,99174}{100+V} \text{ és } [\text{HSO}_4^-] = \frac{[\text{H}^+]}{K_2} [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,0082645}{100+V}.$$

Ezeket beírva a töltésmegmaradást kifejező egyenletbe:

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] + [\text{HSO}_4^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] \approx$$

$$\approx [\text{Cl}^-] + [\text{HSO}_4^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}]$$

$$10^{-4} + \frac{0,1V}{100+V} = \frac{2 + 0,0082645 + 2 \cdot 0,99174}{100+V} = \frac{3,99174}{100+V}.$$

$$\text{Innen } V = 39,8 \text{ cm}^3.$$

Mindkét oldódási folyamat exoterm, ezért az elnyeletést hőálló edényben kell végezni. (Bár ilyen kis mennyiségek esetén a fejlődő hő sem akkora). Ezenkívül a HF megtámadja az üveget, ezért az elnyeletést nem szabad üvegedényben végezni. Megfelelő például a teflonedény. Voltak olyanok, akik nemesebb fémekből készült edényeket (pl. ólom, arany, ezüst) javasoltak. Az ólomedény jó tipp volt, a HF laboratóriumi előállításánál során (NaF-ből kénsavval) is ólomból készült eszközöket használunk. (1 pont)

A beküldött megoldások átlaga 5,9 pont. Hibátlan megoldást küldött be Batki Júlia és Vörös Tamás; majdnem hibátlan (9,5 pont) Zsótér Soma megoldása.

A feladatban minden adat három értékes jegyre volt megadva, így ennél pontosabban nem volt érdemes megadni az eredményt. Túl sok értékes jegy használatáért 0,5 pontot vontam le (személyenként).

A legteljesebb megoldás a kénessav és hidrogén-fluorid elegy pH-jának kiszámítására a két egyensúly szimultán figyelembevétele volt. Ha valaki először a H_2SO_3 disszociációjával számolt, majd megvizsgálta, hogy az így keletkezett hidrogénionok mennyiben szorítják vissza a HF disszociációját, és ezt meg is indokolta, 4 pontot kapott az 5-ből. Indoklás nélkül ez a megoldás 2,5 pontot ért. Ha ellenben a HF disszociációját tételezte fel teljesnek, csak 1 pontot kapott. Az előbbi elhanyagolás ugyanis még mindig jogosabb, hiszen a H_2SO_3 első savállandója két nagyságrenddel nagyobb a HF savállandójánál.

Sokan feltételezték, hogy pH = 4-nél a SO_3^{2-} ionok mennyisége elhanyagolható a többi speciesz mellett. Ez nem igaz, pH = 4 esetén:

$$[\text{H}_2\text{SO}_3] : [\text{HSO}_3^-] : [\text{SO}_3^{2-}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} : \frac{[\text{H}^+]}{K_2} : 1 = 0,12 : 20 : 1.$$

(Komáromy Dávid)

HO-39. A feladatban szereplő adatok alapján a következő koncentrációk számolhatók ki azokban az oldatokban, amelyek nem estek át hőkezelésen:

pH	V (cm ³)	[H ⁺] (mol/dm ³)	[OH ⁻] (mol/dm ³)	[Cl ⁻] (mol/dm ³)	[Na ⁺] (mol/dm ³)
5,73	27,00	1,86·10 ⁻⁶	5,37·10 ⁻⁹	0	0
3,53	28,00	2,95·10 ⁻⁴	3,39·10 ⁻¹¹	7,157·10 ⁻⁴	0
2,57	33,00	2,69·10 ⁻³	3,72·10 ⁻¹²	3,644·10 ⁻³	0
8,12	29,00	7,59·10 ⁻⁹	1,32·10 ⁻⁶	0	6,574·10 ⁻⁴
11,03	35,00	9,33·10 ⁻¹²	1,07·10 ⁻³	0	2,179·10 ⁻³
6,80	38,86	1,58·10 ⁻⁷	6,31·10 ⁻⁸	1,987·10 ⁻³	1,963·10 ⁻³

Az ismeretlen anyag (A) lehet semleges, egyszeresen negatív anion és egyszeresen pozitív kation formájában (HA, A⁻ és H₂A⁺), koncentrációjuk összegét jelölje T_A, a törzsoldatot pedig c. Feltételezhetjük, hogy savas közegben A⁻, lúgos közegben pedig H₂A⁺ koncentrációja elhanyagolhatóan kicsi, így a töltésmérleg felhasználásával a következő adatokat kapjuk:

pH	V (cm ³)	T _A (mol/dm ³)	[H ₂ A ⁺] (mol/dm ³)	[A ⁻] (mol/dm ³)	[HA] (mol/dm ³)
5,73	27,00	c	?	?	?
3,53	28,00	0,9643·c	4,21·10 ⁻⁴	kicsi	0,9643·c - 4,21·10 ⁻⁴
2,57	33,00	0,8182·c	9,54·10 ⁻⁴	kicsi	0,8182·c - 9,54·10 ⁻⁴
8,12	29,00	0,9310·c	kicsi	6,561·10 ⁻⁴	0,9310·c - 6,561·10 ⁻⁴
11,03	35,00	0,7714·c	kicsi	1,11·10 ⁻³	0,7714·c - 1,11·10 ⁻³

Az A⁻ és a H₂A⁺ forma is előfordul egyes oldatokban jelentős koncentrációban, tehát a vegyület egyértékű gyenge sav és egyértékű

gyenge bázis is. A 3,53-as és 2,57-es pH-jú oldatban is ki tudjuk fejezni a savi disszociációs állandót (K_{A1}), így egy két ismeretlenes egyenletrendszerrel kapunk:

$$K_{A1} = \frac{[\text{HA}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{A}^+]} = \frac{(0,9643 \cdot c - 4,21 \cdot 10^{-4}) \cdot 2,95 \cdot 10^{-4}}{4,21 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= \frac{(0,8182 \cdot c - 9,54 \cdot 10^{-4}) \cdot 2,69 \cdot 10^{-3}}{9,54 \cdot 10^{-4}}$$

A megoldás:

$$K_{A1} = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \quad c = 1,47 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Ugyanezt a gondolatmenetet a két lúgos pontra használva a következőt kapjuk:

$$K_{A2} = \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]} = 7,3 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3 \quad c = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

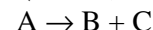
A c -re kapott két becslés gyakorlatilag egyetért, a csekély különbség oka a pH-mérés korlátozott pontossága. 100,00 cm³ oldatban tehát $1,44 \cdot 10^{-4}$ és $1,47 \cdot 10^{-4}$ mol közötti anyagmennyiségű A anyag van, így a moláris tömeg 132 és 128 g/mol között lehet. Az atomok számára megadott korlátok figyelembe vételével a következő összegképletek lehetségesek: C₄H₇N₃O₂, C₄H₉N₃O₂, C₄H₄N₂O₃, C₄H₆N₂O₃, C₄H₈N₂O₃, C₅H₈N₂O₂

Egy savas mintát hosszabb ideig 250 °C-on tartottunk. A minta híg vizes oldat, ezért feltehetjük azt, hogy a lejátszódó kémiai reakciótól függetlenül a térfogat lehűlés után ugyanannyi lesz, mint melegítés előtt. Az itt elvégzett mérések oldataiban ismert koncentrációk a következők:

pH	V (cm ³)	[H ⁺] (mol/dm ³)	[OH ⁻] (mol/dm ³)	[Cl ⁻] (mol/dm ³)	[Na ⁺] (mol/dm ³)	T _A (mol/dm ³)
2,56	33,00	$2,75 \cdot 10^{-3}$	$3,63 \cdot 10^{-12}$	$3,644 \cdot 10^{-3}$	0	$1,19 \cdot 10^{-3}$
3,37	43,00	$4,27 \cdot 10^{-4}$	$2,34 \cdot 10^{-11}$	$2,796 \cdot 10^{-3}$	$2,217 \cdot 10^{-3}$	$9,10 \cdot 10^{-4}$
9,38	49,00	$4,17 \cdot 10^{-10}$	$2,40 \cdot 10^{-5}$	$2,454 \cdot 10^{-3}$	$3,113 \cdot 10^{-3}$	$7,99 \cdot 10^{-4}$
10,55	55,00	$2,82 \cdot 10^{-11}$	$3,55 \cdot 10^{-4}$	$2,186 \cdot 10^{-3}$	$3,814 \cdot 10^{-3}$	$7,12 \cdot 10^{-4}$

Ha nem lett volna a hevítés közben kémiai reakció, akkor az anionkoncentráció semmiképpen sem lehetne $(27,00/55,00) \cdot 1,47 \cdot 10^{-4} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ -nél több a 10,55-ös pH-jú oldatban. Ebben azonban a töltésmegmaradás miatt $1,27 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ egyszeresen negatív ionnak

kell jelen lennie, tehát az A vegyület hevítéskor valószínűleg két másikra bomlott (B és C, koncentrációjukra $T_B = T_C = T_A$).



Az adatokból látható, hogy B és C tartalmaz savas (K_{B1} és K_{C1}) és lúgos (K_{B2} és K_{C2}) csoportot is. Így a savas pH-n mért két pontból hatismeretlenes egyenletrendszer írható fel:

$$K_{B1} = \frac{[\text{HB}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{B}^+]} = \frac{(1,19 \cdot 10^{-3} - [\text{H}_2\text{B}^+]_{2,56}) \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{[\text{H}_2\text{B}^+]_{2,56}} =$$

$$= \frac{(9,10 \cdot 10^{-4} - [\text{H}_2\text{B}^+]_{3,37}) \cdot 4,27 \cdot 10^{-4}}{[\text{H}_2\text{B}^+]_{3,37}}$$

$$K_{C1} = \frac{[\text{HC}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{C}^+]} = \frac{(1,19 \cdot 10^{-3} - [\text{H}_2\text{C}^+]_{2,56}) \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}}{[\text{H}_2\text{C}^+]_{2,56}} =$$

$$= \frac{(9,10 \cdot 10^{-4} - [\text{H}_2\text{C}^+]_{3,37}) \cdot 4,27 \cdot 10^{-4}}{[\text{H}_2\text{C}^+]_{3,37}}$$

$$[\text{H}_2\text{B}^+]_{2,56} + [\text{H}_2\text{C}^+]_{2,56} = 3,644 \cdot 10^{-4} - 2,75 \cdot 10^{-4} = 8,9 \cdot 10^{-4}$$

(kivonásnál az eredmény tizedes jegyeinek száma nem lehet több, mint a tizedes jegyek száma a kevésbé pontosan ismert kiindulási adatban)

$$[\text{H}_2\text{B}^+]_{3,37} + [\text{H}_2\text{C}^+]_{3,37} = 1,52 \cdot 10^{-4}$$

Az egyenletrendszer megoldása:

$$[\text{H}_2\text{B}^+]_{3,37} = \frac{2,09 \cdot 10^{-7} \pm \sqrt{(2,09 \cdot 10^{-7})^2 - 4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-12}}}{2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 7,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 (= [\text{H}_2\text{C}^+]_{3,37})$$

$$[\text{H}_2\text{B}^+]_{2,56} = [\text{H}_2\text{C}^+]_{2,56} = 4,45 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{B1} = K_{C1} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Ugyanígy számolással megmutatható, hogy:

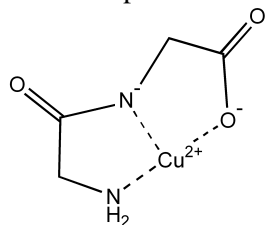
$$K_{B2} = K_{C2} = 2,6 \cdot 10^{-10}$$

B és C kis molekulák, amelyeknek mindkét pK-ja megegyezik, így B és C azonos vegyület. Az A anyag bomlási reakciójában a H és O-atomok összes száma változhat, mert a víz lehet reaktáns vagy termék, a C és N-atomok száma viszont nem változhat. Ha B és C azonos vegyület, akkor azonos számú N-t és C-t tartalmaznak, tehát A-ban páros számú C-nek és

N-nek kell lennie. Így a moltömeg alapján felírható hat lehetőség közül csak $C_4H_4N_2O_3$, $C_4H_6N_2O_3$ és $C_4H_8N_2O_3$ marad. B-ben így két szénatom és egy nitrogénatom van.

A pK-értékek alapján logikus a feltevés, hogy A-ban van egy karboxilcsoport (K_{A1}) és egy amin jellegű csoport (K_{A2}). Ugyanezért B (=C)-ben is van karboxilcsoport (K_{B1}) és amin jellegű csoport is (K_{B2}). Az aminjellegű nitrogén nem kapcsolódhat a karboxilcsoport szénatomjához, mert ebben az esetben az N–CO–OH részlet a hevítéskor hidrolízisreakcióban szén-dioxiddá alakulna. Tehát a nitrogén a másik szénatomhoz kapcsolódik, s a karboxilcsoport is csak ehhez kapcsolódhat. Így B a glicin, A pedig két glicinből álló peptid, a glicil-glicin lehet.

Réz(II)ion hozzáadásakor minden bizonnyal komplexképződés zajlik le, amely savat is termel. A reakció nem lehet a $Cu(OH)_2$ képződése, mert ekkor csapadék válna le, így a hidrogénion csak a ligandum A^- formájából származhat (!). Az A^- anyagmennyisége a réz(II) hozzáadása előtt $3,91 \cdot 10^{-5}$ mol volt, a hozzáadott réz(II)ioné $3,86 \cdot 10^{-5}$ mol, a reakcióban keletkező H^+ -é pedig $0,03500 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} = 3,75 \cdot 10^{-5}$ mol, tehát egy A^- egy protont ad még le. A termék lila színe arra utal, hogy a réz(II)ionhoz legalább két nitrogén kapcsolódik a komplexben, így az egyetlen ésszerű lehetőség az, hogy az egyébként igen gyengén savas amidcsoport deprotonálódik, s a lilás színt okozó, összességében töltés nélküli réz(II)komplex szerkezeti képlete a következő:



A feladat a szerző várakozását messze felülmúlóan nehéznek bizonyult. Összesen 8 megoldás érkezett. A feladatot lényegében megoldotta (9 p) Zsótér Soma. Az ismeretlen vegyület helyes molekulatömegéig eljutott (6 p) Sebő Anna. Jelentős részeredményeket ért el (4 p) Batki Júlia és Vörös Tamás.

(Lente Gábor)

Feladatok

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2009. február 27-ig postára adva:

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

H101. Összeöntünk adott térfogatú $0,1 \text{ mol/dm}^3$ ammónia oldatot és ugyanakkora térfogatú és koncentrációjú sósav oldatot. Ha az így kialakult oldathoz vele megegyező térfogatú $0,1 \text{ mol/dm}^3$ egyértékű gyenge sav oldatát öntjük, akkor az ammóniumion disszociációfoka felére csökken.

- Add meg az ammóniaoldat, a sósavoldat és a kettő keverékének pH-ját!
- Mekkora a hozzáadott gyenge sav disszociációs állandója (K_s)?
- Mekkora lesz a pH a három oldat összeöntése után?
- Mekkora lenne a pH, ha a hármas keverékből kihagynánk az ammóniát? Az oxóniumionok hány %-a származik ebben az oldatban a gyenge savtól?

NH_3 : $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$

(Klencsár Balázs)

H102. A kémiafeladatok egy részében kémiai ismeretekre csak az egyenletrendszer felírásához van szükség, a számszerű megoldásig már csak (hol egyszerű, hol hosszadalmas) rutinszerű "matekolás" van hátra. A feladatkitűzőnek pedig azt kell mérlegelnie, hogy a verseny időtartamába milyen bonyolultságú egyenletrendszert lehet belesuvasztani. Ebben a kissé rendhagyó feladatban nem kérjük az egyenletrendszer megoldását, hisz azt egy poros 286-os processzor is megcsinálja pár milliszekundum alatt, cserében a megszokottnál komolyabb kémiai ismereteket kérünk számon. Hisz ez egy kémiaverseny.

Mennyi a pH-ja annak az oldatnak, ami nátrium-acetátra nézve c_1 mólos, ammónium-hidrogén-oxalátra ($NH_4H(COO)_2$) nézve pedig c_2 mólos?

- Írd fel az egyenletrendszert, melynek megoldása választ ad a kérdésre!

Használd a szokásos szögletes zárójeles jelölést az egyensúlyi koncentrációkra. Az acetát iont a jobb áttekinthetőség kedvéért jelöld Ac, az oxalátiont Ox rövidítéssel (protonált formában HAc, HOx, H₂Ox). Az ecetsav disszociációs állandója K_e, az ammóniáé K_a, az oxálsavé pedig K₁ és K₂.

Háromféle egyenletre van szükség:

- az egyensúlyokra felírt egyensúlyi egyenletek,
- az anyagmegmaradást kifejező egyenletek,
- a töltésmegmaradásból következő egyenletek.

Ügyelj arra, hogy csak független egyenleteket írsz fel (azaz ne legyen "fölösleges" egyenlet a felírtak között). Az egyenleteket nem kell megoldanod (elemi eszközökkel nem is sikerülne)!

- b) Táblázatban foglald össze, hogy az egyenletekben szereplő jelölések paramétert jelölnek-e (azaz olyan értéket, melyet a megoldáshoz ismernünk kell), vagy pedig ismeretlent (azaz olyan értéket, amit a megoldás során számolunk ki).
- c) Hogyan változik a felírt egyenletrendszer, ha az oldat nagyon híg, ezért a víz saját disszociációját is figyelembe kell vennünk?

(Kóczán György)

H103. Az alábbi táblázat az oxálsav oldhatóságát mutatja különböző összetételű víz-ecetsav elegyekben, 50 °C-on. A telített oldattal minden esetben kristályvíztartalmú oxálsav – (COOH)₂·2 H₂O – van egyensúlyban.

Tizennégy számozott főzőpohárba 10-10 g desztillált vizet töltünk, majd rendre 0, 10, 20 ... 130 g jégcetet adunk hozzá. (Az 1. sorszámú pohárba nem kerül jégcetet, a 2. sorszámúba 10 g, és így tovább.) Mindegyik pohár hőmérsékletét 50 °C-ra állítjuk be.

- a.) Hogyan alakul a növekvő sorszámmal az egyes poharakban maximálisan feloldható vízmentes oxálsav mennyisége? Válaszát indokolja!

Tizennégy számozott főzőpohár mindegyikébe 100 g ecetsav-víz elegyet töltünk úgy, hogy az ecetsavtartalom 0,1 tömegszázalékról egyenletesen nőjön 90 tömegszázalékra az 1 → 14 irányban. Mindegyik pohár hőmérsékletét 50 °C-ra állítjuk be.

- b.) Hogyan alakul a növekvő sorszámmal az egyes poharakban maximálisan feloldható vízmentes oxálsav mennyisége? Válaszát indokolja!

- c.) 81,0 g vízbe 33,0 g vízmentes oxálsavat szórunk. Alapos összerázás után mekkora lesz a szilárd fázis tömege? Hány gramm jégcetet kell adagolni a rendszerhez, hogy a szilárd anyag éppen feloldódjon?
- d.) 100 g 7 mol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldatban ($\rho = 1,049$ g/cm³) feloldható-e maradéktalanul 30,0 g (COOH)₂·2 H₂O? Állítását számítással igazolja!

A telített oldat összetétele (tömegszázalék)

(COOH) ₂	CH ₃ COOH	H ₂ O
24,33	0,00	75,67
23,71	6,84	69,45
23,14	11,47	65,39
21,32	21,90	56,78
19,39	33,02	47,59
15,53	50,62	33,85
12,12	66,55	21,33
11,66	74,09	14,25
11,98	76,56	11,46
13,05	78,03	8,92
16,12	77,34	6,54
19,84	74,52	5,64

(Zagyi Péter)

H104. Az ánizs egy széles körben ismert és használt, fűszer-, és gyógynövény. A növényből készítik az ánizsolajat, aminek főkomponense az anetol. Az anetol szerkezetét szerettük volna megismerni ezért a következő kísérleteket végeztük el. Az anetol elemanalízisének eredménye: C: 81,0%; H: 8,20%. Meghatároztuk a moláris tömegét is, amit 148 g/mol-nak találtunk.

- a) Mi az anetol összegképlete?

A pontos szerkezet megismeréséhez a következő információkat gyűjtöttük össze a vizsgált anyagról:

1. 1 mol anetol kloroformos oldata 1 mol brómmal reagál.
 2. Erélyes oxidációjával két vegyület keletkezik. Ez a két vegyület az ecetsav és a 4-hidroxil-benzoosav metil étere;
 3. Az anetolnak egy geometriai izomerje létezik, amelynek égése során nagyobb hő szabadul fel, mint az anetol esetében.
- b) *Mi az anetol pontos szerkezet? A térszerkezetet is pontosan ábrázold!*
- c) *Írd fel a brómmal történő reakció rendezett egyenletét!*
- d) *Milyen viszonyban van egy mással az anetol és geometriai izomerjének képződéshője! Válaszodat indokold!*

(Varga Szilárd)

H105. Egy nem hétköznapi, szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú szerves vegyület 1,00 g-ját 20,00 g levegőben (összetétele 79,0 térfogatszázalék N_2 és 21,0 térfogatszázalék O_2) elégetjük. Az égéstermék átlagos moláris tömege $100^\circ C$ -on 30,02 g/mol. $25^\circ C$ -ra hűtve a gáz halmaz állapotú égéstermék tömege 0,714 g-mal csökken, átlagos moláris tömege pedig 29,52 g/mol lesz. A lehűtött gázelegyet tömény NaOH-oldaton átvezetve 3,14 g-mal csökken a tömege, a visszamaradó gázelegyet pedig 10,52 tömegszázalék oxigént tartalmaz.

Határozza meg a kiindulási vegyület tapasztalati képletét és tegyen javaslatot a szerkezetére!

(Zagyai Péter)

HO-43. $100,00\text{ cm}^3$ $0,10\text{ mol/dm}^3$ -es ecetsav-oldatban feloldunk $0,0785\text{ g}$ ecetsav-kloridot. A kémiai reakció 100%-ban végbemegy.

- a) *Mekkora a kiindulási ecetsav-oldat pH-ja?*
- b) *Mekkora lesz a pH az ecetsav-klorid feloldása után?*
- c) *Hány g ecetsav-kloridot kellene feloldani az eredeti ecetsav-oldatban, hogy a keletkező oldat pH-ja 1 legyen?*
- d) *Az indikátorhiba alapján dönts el, meg tudjuk-e mérni dimetilsárga indikátor mellett $0,10\text{ mol/dm}^3$ -es NaOH mérőoldattal a kialakult savkeverékben az ecetsav mellett szelektíven a sósavat!*

- e) *Milyen indikátor mellett mérnéd a két savat együtt az alábbi indikátorok közül, $0,10\text{ mol/dm}^3$ -es NaOH mérőoldattal? Mekkora az indikátorhiba?*

Indikátor	pK_{ind}
dimetilsárga	3,25
metilnarancs	3,76
metilvörös	4,96
brómtimolkék	7,30
krezolvörös	8,08
timolkék	8,82
fenolftalein	9,50

$$K_{s(\text{hangyasav})} = 1,77 \cdot 10^{-5}$$

(Klencsár Balázs)

HO-44. A benzoosav szerves oldószerekben, például benzolban részben dimerizált formában van jelen. A benzoosav dimerizációját benzolban az alábbi kísérletekkel vizsgáltuk. A benzoosav m_0 tömegű részletéből 100 cm^3 benzolos oldatot készítünk, majd ezt 100 cm^3 $1,00\text{ pH}$ sósav-oldattal rázzuk össze. Megvárjuk, hogy beálljon az egyensúly a két nemelegyedő oldat között, majd a vizes fázist elválasztjuk a benzolos fázistól, és az utóbbi teljes benzoltartalmát ledesztilláljuk, ekkor m_B tömegű tiszta benzoosavat kapunk. Különböző m_0 tömegekkel elvégezve az alábbi eredményeket kapjuk:

m_0 (gramm)	m_B (gramm)
3,6600	3,2602
7,3200	6,6914

Határozd meg a dimerképződés egyensúlyi állandóját illetve az úgynevezett megoszlási hányadost, melyet az alábbi módon definiálunk: $K = c_1 / c_2$, ahol c_1 : a szabad benzoosav (monomer forma) mol/dm^3 koncentrációja a benzolos fázisban, c_2 pedig a szabad (disszociálatlan) benzoosav mol/dm^3 koncentrációja. (Figyelem! A benzoosav protolitikus disszociációjától nemcsak a benzolos, de az $1,00\text{ pH}$ -jú sósavas oldatban is eltekinthetünk, továbbá feltételezzük, hogy az oldatok térfogata a

kísérletek során nem változik. A benzoésav vizes oldatokban nem képez dimert.)

Egy következő kísérletben 7,3200 gramm benzoésavból készítettünk 100 cm³ benzolos oldatot, melyet 5,00 pH-jú puffer-oldattal ráztuk össze. Az előzőekhez hasonlóan szeparáltuk a fázisokat, és a benzolos fázisból 3,993 g benzoésavat sikerült kinyernünk. *Mekkora a benzoésav savi disszociációs állandója vizes közegben?*

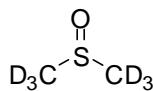
7,3200 gramm benzoésavból 100 cm³ benzolos oldatot készítettünk. *Mekkora pH-jú pufferoldattal 100 cm³-ével kell elvégezni a fent bemutatott extrakciós folyamatot, hogy a benzoésav tömegének 90 illetve 99%-át ki tudjuk nyerni benzolos fázisból?*

(Benkő Zoltán)

A diákolimpiákon rendszeresen előfordulnak olyan feladatok, amelyek a modern kémia legfontosabb szerkezetvizsgáló módszerének, az NMR spektroszkópiának eredményeit felhasználják. A módszer – elismerten nem egyszerű – elvi alapjait mutatja be Dr. Rohonczy János cikke. A kémiai alkalmazásokra még visszatérünk, de a következő feladaton már az alapok segítségével is érdemes elgondolkodni.

HO-45.

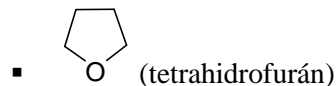
- a) A rutinszerű NMR mérésekben az egyik gyakran használt oldószere a deuterált dimetil-szulfoxid:



Hogyan néz ki ezen vegyület ¹³C-NMR spektruma? Válaszodat indokold!

- b) *Rajzold fel a következő vegyületek vázlatos ¹H-NMR spektrumát! Jelöld, hogy egy jelcsoporthoz hány hidrogén tartozik (a jelek alatti területtel arányos), a felhasadásokat, illetve hozzávetőlegesen az eltolódásokat!*

- 2-nitro-propán
- trietil-amin
- toluol



- 1,3-dibrómpropán
- 1-bróm-3-hidroxipropán

(Varga Szilárd)

- c) Maleinsav és fumársav ¹H-NMR spektruma van a kezünkben, de nem tudjuk, melyik melyik. Kémiai eltolódás adatbázis nem áll rendelkezésünkre. *Hogy tudjuk eldönteni, hogy melyik a maleinsav és melyik a fumársav spektruma?*

(Sánta Zsuzsanna)

Az NMR spektroszkópia alapjai

Dr. Rohonczy János

ELTE Szeretlen Kémiai Tanszék

A mágneses magrezonancia spektroszkópia (röviden *NMR* – angolul Nuclear Magnetic Resonance) egyike azon modern kémiai szerkezetvizsgáló módszereknek, melyek roncsolás nélkül, a vizsgált anyag fizikai tulajdonságai alapján képesek információt nyújtani azok kémiai szerkezetéről. Meglepő módon, az *atommagok* is felvilágosítást tudnak nyújtani az őket körülvevő elektronok sűrűségéről, ami viszont függ a szomszédos atomokhoz fűződő viszonytól, a kémiai kötéstől. Ez teszi lehetővé, hogy ezt a magspektroszkópiát a kémiai kötésviszonyok tanulmányozására használjuk. A spektrumból megállapítható egyrészt, hogy hány féle és mennyire árnyékolt atom van a molekulában, másrészt, hogy egy atommag közelében hány darab és hányféle közeli szomszéd atom található. E kérdések megválaszolásához először tekintsük át az NMR mérés elvét!

1. Az NMR jelenség

1.1. A magspinek egyensúlyi állapota mágneses térben

Az NMR névben szereplő mágnes szó arra utal, hogy a maga a fizikai jelenség csak erős mágneses térben lép fel, ezért a vizsgálandó oldatot vagy szilárd mintát a méréshez egy cseppfolyós héliummal hűtött szupravezető elektromágneses tekercs belsejébe juttatjuk.

NMR spektroszkópiával azok az atommagok vizsgálhatók, melyekben vagy a protonok, vagy a neutronok, vagy mindkettőjük száma páratlan. Ezek az NMR-aktív magok. Sajnos, ha mindkét nukleon száma páros, az

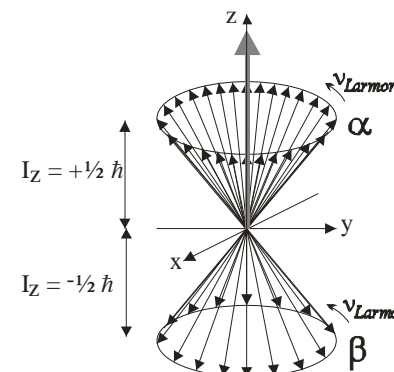
adott izotóp nem vizsgálható. E szabálynak az az oka, hogy mind a proton, mind a neutron (az elektronhoz hasonlóan) feles spinű részecske, és ha páros számmal fordulnak elő a magban, akkor párokat képezve eredőjük nulla, míg ha páratlan a számuk, akkor ezek összege különbözik nullától. Az eredő spin lehet $I = 1/2, 1, 3/2, 2, 5/2$, stb.

Minden részecske, aminek spinje van, mágneses dipólusmomentummal is rendelkezik, vagyis úgy viselkedik, mint egy kicsi iránytű. Így már érthető, hogy miért kell mágneses térbe helyezni az anyagot. A külső mágneses tér hatására az atommagok mágneses momentumai az iránytűhöz hasonlóan igyekeznek beállni az észak-dél irányba, de a mikrovilágban működő sajátos szabályok megtiltják, hogy az iránytűk pontosan beállhassanak az északi irányba. Ennek az okai a következők:

1. a spin (impulzusmomentum) vektoriális mennyiség, melynek hossza és iránya van. Az $I = 1/2$ spinű részecskék hossza $|I| = \hbar\sqrt{I \cdot (I + 1)}$, míg bármely külső irányhoz képest (z -iránynak nevezük) csak úgy helyezkedhet el, hogy az ebbe az irányba eső vetületük $I_z = \pm 1/2\hbar$ lehet. (ahol $\hbar = h/2\pi$, ahol h a Planck-féle állandó). Ez az iránykényszer a Heisenberg-féle bizonytalansági elv egyik fontos következménye. Az $I = 1$ spinű atommagok esetén a lehetséges irányok olyanok, hogy $I_z = +1, 0$, vagy $-1 \hbar$ lehet.
2. A spin és a mágneses momentum vektorok mindig párhuzamosak egymással. A hosszuk közötti viszony az $|m| = \gamma|I|$ egyenlettel írható le, ahol γ (giromágneses faktor) anyagi állandó. Értéke más és más elektronra, protonra, neutronra, és minden más atommagra (pl. az $I = 1/2$ spinű ^3H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{29}Si , ^{31}P stb. magokra). Ezért a különböző izotóp atommagok különböző erősségű mágnesként viselkednek.
3. A mágneses momentum igyekszik befordulni az északi irányba, de magával kell fordítania a spin vektort is. Ez azonban az 1. pont szerint csak adott irányba állhat be. Így a mágneses momentum sem állhat be északi irányba!

A makrovilágtól eltérően tehát, a mikrovilágban léteznek egy titokzatos "kvantum-pöcök", ami megakasztja az iránytűt és nem engedi azt továbbfordulni.

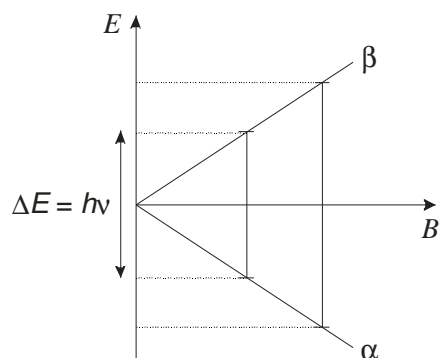
E tilalom következtében, nagyszámú atommagot vizsgálva, azt látjuk, hogy mágneses momentumvektoraik a z -tengely körüli kúp palástján egyenletesen helyezkednek el. Az így álló mikromágnesek és a z -irányú külső tér között azonban erőhatás lép fel, aminek eredményeként a spinek ahelyett, hogy nyugalomban állnának, folyamatosan és egyenletes sebességgel körbejárnak a kúp palástja mentén. Ezt a mozgást precesszióknak nevezzük és sebességét egy ún. Larmor-frekvenciával jellemezzük ($v_{Larmor} = \frac{\gamma B}{2\pi}$) [1. ábra].



1. ábra. A feles spinű magok egyensúlyi állapota és z -irányú makroszkopikus mágnesezettsége.

Minél erősebb a külső tér (B) vagy a magmágnes (γ -val jellemeztük), a precesszió annál nagyobb sebességű. A legmodernebb berendezésekben a proton precesszió sebessége elérheti a 950 MHz-et is. A többi mag frekvenciája általában kisebb, de ezek a frekvenciák is a rádióhullámok tartományába esnek. Maga a precesszió nagyon hasonlít a bűgöcsiga viselkedéséhez, ahol a gravitáció igyekszik lebillenteni a csigát, de amíg az forog, addig nem dőlhet el. Ehelyett a forgástengely körbejáró mozgást végez.

Figyelembe kell még vennünk egy, a makrovilágban szokatlan jelenséget. A mag mágneses momentuma nemcsak a *stabil* északi irányba állhat be magától, hanem déli irányba is! Furcsának tűnhet egy olyan iránytű, ami a többiekkel éppen ellentétesen áll be, pedig a megfordított iránytű is erőmentes állapotban van, csak éppen ezt az állapotot *metastabilnak* nevezzük. Hasonló ez egy hegy tetején álló kőgolyóhoz, amit a völgyben levőhöz hasonlóan fent is könnyen egyensúlyban lehet tartani. De persze más a helyzet a hegyoldalon levő instabil golyóval. A stabil irányba mutató spineket α -állapotúnak, míg a metastabil irányú spineket β -állapotúnak nevezzük. A két állapot között nagyon kicsi az energiakülönbség, ami $I = 1/2$ magok esetén $\Delta E = \gamma \hbar B$. Fontos észrevennünk, hogy az energiakülönbség arányos a γ -val és a külső tér erősségével, B -vel is. Vagyis, az erősebben mágneses atommagok energiefelhasználása nagyobb ugyanabban a B erejű térben. Másrészt, az erősebb külső tér minden mag energiefelhasználását arányosan növeli. Ez az ún. Zeeman-felhasadás [2. ábra].



2. ábra. Feles spinű magok Zeeman-felhasadása gyengébb és erősebb B térben.

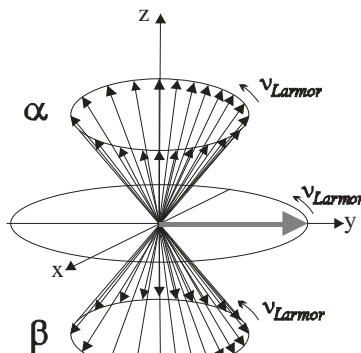
A kicsi energiakülönbség miatt a molekulák hőmozgása is elég energiát szolgáltat ahhoz, hogy számos atommagot átbillentessen α -állapotból β -állapotba. Így egy makroszkopikus mintában rengeteg α - és β -állapotú atommagot találunk. Természetesen a β -állapotban is működik a “kvantum-pöcök”, vagyis a β -spinű magok mágneses momentumai is egy kúp palástja mentén precesszálnak, mégpedig az α -állapotban levőkkel azonos frekvenciával.

Különbség van azonban az α - és a vele ellentétes irányú β -kúpon levő atomok számában. Ez a betöltöttségkülönbség is jó közelítéssel arányos az energiaszintek távolságával. Az alacsonyabb energiájú α -állapotban kicsivel többen vannak, mint a fordított β -kúpon. Bár a népszerűkülönbség nagyon kicsi (a más magokhoz képest nagy különbséggel bíró ^1H atom esetében is kisebb, mint 0,01%) mégis mérhető. Az azonos kúpon lévő atomi mágnesek ereje összeadódik és egy pontosan z -irányú mágnesezettség jelenik meg. Így tehát minden anyag, amiben NMR aktív mag található, mágnesessé válik külső mágneses térben és az is marad, amíg a minta a mágnesben van. Kivéve a mágnesből a mintát, a külső tér hiányában a spinek már elhagyhatják a kúppalástokat, helyette gömbszimmetrikusan szóródnak szét, és eredőjük nulla lesz. Az anyag elveszti mágneses tulajdonságát.

1.2. Rádiófrekvenciás gerjesztés hatása

A vizsgálandó minta közelében helyezünk el egy kicsi dróttekereszt, melynek tengelye a z -irányra merőleges! Vezessünk a tekercsbe rövid ideig olyan szinuszosan változó áramot melynek frekvenciája megegyezik a precesszáló magok Larmor-frekvenciájával! E feltételek teljesülése esetén különös dolog történik. A spinek megérezve a váltakozó áram hatására kialakuló B_1 -el jelölt oszcilláló teret, részben α - β állapotot váltanak, miközben összetorlódnak a kúppalástok mentén. A mikroállapotok összessége úgy változik, mintha a z -irányú mágnesezettség vektor az x -irányú B_1 -vektor tengelye körül lebillenne a z - y síkban. Tipikusan $10 \mu\text{s}$ elteltével a mágnesezettség vektor az y -tengely irányába mutat. Ehhez a makroállapothoz olyan mikroállapot tartozik, melyben a két kúp egyformán van benépesítve (nincs eredő z -komponens) és a vektorok bizonyos mértékig összesöpörödnak az y -tengely irányában. E folyamattal kapcsolatban megjegyezzük:

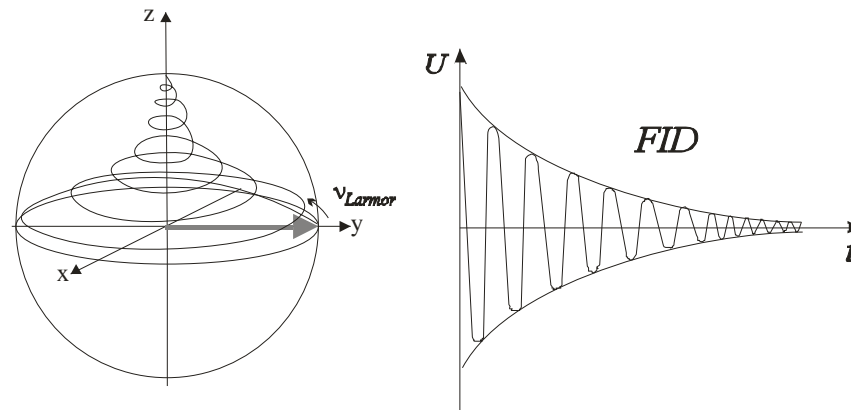
1. a rádiósugárzás egy részét elnyeli a minta és a mélyebb energiájú α -spineket átbillentenek magasabb energiájú β -állapotba. Ez a rádiófoton rezonancia-abszorpciója. ($\Delta E = h\nu$, ahol ν éppen megegyezik a Larmor-frekvenciával.)
2. a koherens összesöpörés után is a spinek folytatják precessziójukat, és eredőjük, mint egy makroszkopikus mágnes, az x - y síkban Larmor-frekvenciával körbejár [3. ábra].



3. ábra. Az y-irányba kibillentett mágneszettség és a hozzátartozó mikroállapotok.

A rádióadó kikapcsolása után a tekercset rákapcsoljuk egy érzékeny vevőre. A dróttekerccs előtt forgó makroszkopikus mágnes hatására nagyon gyenge, Larmor-frekvenciával oszcilláló, váltakozó feszültségű jel indukálódik a tekercsben. Ezt felerősítjük, majd digitalizáljuk. Minden fordulat alatt egy szinuszhullám jele lesz detektálható. A mágneses magok tehát jelet adnak.

A magokra hagyott magok időben oszcilláló jelét a szakirodalom röviden *FID*-nek nevezi (*Free Induction Decay* – szabad indukciós lebomlás) mert a jel néhány másodperc elteltével exponenciális burkoló görbék közt eltűnik. A jel eltűnéséért két folyamat is felelős. Az egyikben az összesöpört spinek ismét szétszóródnak a kúppalást mentén, míg a másik folyamatban a β -spinek visszaszökődnek az energetikailag kedvezőbb α -állapotba. A folyamat végén a rendszer visszajut az egyensúlyi állapotba, ahonnan újabb rádiópulzussal ismét kibikkenthető lesz [4. ábra].



4. ábra. Az egyensúlyi állapotot precesszáva közelítő mágneszettség és az általa indukált feszültségjel (FID).

Sajnos a kicsi betöltöttségkülönbség miatt az eredő makroszkopikus mágnes rendkívül gyenge jelet szolgáltat. A legjobb erősítés mellett is a detektált jelhez erős sustorgó zaj is járul. A detektált jel jóságát annak jel/zaj viszonya írja le (jel nagysága a detektálás elején, osztva jel nagysága a detektálás végén, ahol már csak sustorgás mérhető). A fent vázolt mérési módszer nagy előnye, hogy a besugárzás-detektálás ciklust N -szer megismételve és a detektált jeleket összeadva, a jel nagysága N -szeresére, míg a sustorgás csak \sqrt{n} -szeresére nő. Így a jel/zaj viszony \sqrt{n} -szeresére nő. Például 16-szor megismételve ugyanazt a mérést a jel/zaj viszony 4-szeresére nő az egy mérésben elérhető arányhoz képest. E technika alkalmazásával számos érzéketlen, vagy kis koncentrációjú atommagnak mérhetővé válik a jele.

A módszerben azonban további előny is rejlik. Nézzük meg például a TiCl_4 oldat NMR felvételét. A titánnak a ^{47}Ti izotópja (7,4% gyakoriság) és a ^{49}Ti izotópja (5,4% gyakoriság) is NMR aktív. 11,7 T (Tesla) erős mágneses térben az előbbi mag 28,195 MHz-el, míg az utóbbi mag 28,203 MHz-el precesszál. Ha a mintát 10 μs -ig 28,200 MHz-es rádióhullámmal sugározzuk be, akkor a frekvenciaközelség miatt mindkét izotóp mágneszettség vektorai bebillennek az y-tengely irányába. Az adót kikapcsolva, az egyik izotópot tartalmazó molekulák eredő vektora egy másodperc alatt 28195000 kört, míg a másik izotópe 28203000 kört tesz

meg. A két különböző sebességű vektor jele nem mérhető külön-külön. Ehelyett a két szinusz hullám matematikai összegét (szuperpozícióját) detektálhatjuk és digitalizálva számítógépben tárolhatjuk.

Ez az összegjel alkalmas matematikai művelettel összetevőire bontható. A módszer neve *Fourier*-transzformáció, melynek matematikai alapjait *Fourier* 1822-ben vetette meg. A transzformáció eredménye a spektrum (színkép), mely e példánkban két vonalat tartalmaz. Az egyik egy 7,4 egység nagyságú vonal 28,195 MHz-nél (-177 ppm), a másik pedig egy 5,4 nagyságú vonal 28,203 MHz-nél (106 ppm).

Módszerünkkel tehát nagyon rövid idő alatt egyszerre gerjeszthetjük az összes közel azonos frekvenciájú magfajtát, majd egyszerre detektáljuk őket. Kellő számú ismétlés után pedig egyetlen Fourier transzformációval spektrummal alakítjuk az időjelet.

2. NMR spektroszkópiai szerkezeti paraméterek

2.1. A kémia árnyékolás és kémiai eltolódás

Eddigi tárgyalásunkban eltekintettünk attól, hogy az atommagokat mindig körbeveszik az elektronok. Márpedig az elektronok a külső mágneses tér hatására örvénylésbe kezdenek az atommagok körül, és ennek az elektronáramlásnak mágneses tere lesz. A *Lenz*-törvény szerint az indukált áram és mágneses tere olyan irányú, hogy az gyengíteni igyekszik az őt létrehozó külső mágneses teret. Ennek következtében az elektronpaplanba csomagolt atommagok mindig gyengébb teret érzékelnek a csupasz atommagoknál. Ez a jelenség a *kémiai árnyékolás*. Az árnyékolás mértéke szigorúan arányos a külső mágneses tér mértékével és annak általában milliomod részével fejezhető ki. Kétszer erősebb mágnesben tehát a kémiai árnyékolás is kétszer erősebb.

Azt már megállapítottuk, hogy a mag körüli *B* tér megváltozásával megváltozik az energiaszintek ΔE távolsága is és ezért a $\Delta E = h\nu$ szerint megváltozik a ν rezonancia-, illetve Larmor-frekvencia is. Az árnyékolt mag frekvenciája eltolódik az NMR spektrumban az árnyékolatlanhoz képest. Ez a *kémiai eltolódás* és a rezonanciafrekvencia milliomod részének nagyságrendjébe esik. Dupla erős mágnesben a kémiai eltolódás is megduplázódik. Mivel a kémiai eltolódás abszolút Hz egységben mérve függ az alkalmazott készülék mágnesének erősségétől, ezért ez a számérték nem vihető át egyik készülékről egy másikra. Ezért a

gyakorlatban az eltolódás mértékét elosztjuk a vizsgált mag abszolút rezonanciafrekvenciájával. Mivel mindkét mennyiség arányos a mágnes erősségével így a mágneserősség végül kiesik. A kapott mennyiség azonban kényelmetlenül kis szám lesz, ezért végül megszorozzuk 1 millióval. Az így kapott számérték most már az ún. *ppm* skálán található (ppm = parts per million, magyarul milliomod rész). Például ha egy árnyékolatlan mag frekvenciája 500,000000 MHz, egy árnyékolté pedig 499,999500 MHz, akkor az eltolódás 500 Hz. Ppm skálán

$$\frac{500 \text{ Hz}}{500000000 \text{ Hz}} \cdot 1000000 = 1 \text{ (ppm) az eltolódás.}$$

Tehát, egy 500 MHz-es készülékben 1 ppm 500 Hz, 2 ppm 1000 Hz. Ugyanennek az anyag a jelei egy 300 MHz-es készülékben 300 és 600 Hz-re lesznek az árnyékolatlan magtól. Ezzel definiáltuk a ppm skála egységét, de gondban vagyunk a 0,0 ppm helyével. A fentiek szerint ez az árnyékolatlan mag eltolódása lenne, de ez kísérletileg mérhetetlen (nem tudunk csupasz atommagokat tenni a mintacsőbe). Ezért a gyakorlatban nem az árnyékolatlan mag frekvenciájához, hanem egy egyezményesen megválasztott referencia-anyag jeléhez viszonyítunk. Ez az egyezményes anyag az ^1H , ^{13}C és ^{29}Si spektrumokban a TMS (tetra-metil-szilán, SiMe_4). Ez az illékony folyadék sok szempontból előnyös. Nem reagál, apoláris oldószerekben jól oldódik, egyetlen jelet ad, ami a szilíciumtartalom miatt jól elkülönül más szerves anyagok ^1H és ^{13}C jeleitől, s így könnyű megtalálni a spektrumban. A hagyományokat követve a TMS-nél kevésbé árnyékolt (nagyobb rezonanciafrekvenciájú magok) eltolódását pozitív, míg a jobban árnyékolt, és ezért kisebb frekvenciájú magokét negatív számokkal jellemezzük. Ez az ún. δ -skála, aminek a 0 pontja a számegegyenes jobb szélén van és a pozitív delta értékek tőle balra találhatók.

2.2. A kémiai eltolódás szerkezetfüggése.

A kémiai eltolódás mértéke erősen függ a magot körülvevő elektronok hibridállapotától, a szomszédos magok elektronvonzó képességétől (elektronegativitásától) és más, az elektronsűrűséget befolyásoló finomabb hatásoktól. Általában a szomszédok csak 2-3 kémiai kötésen keresztül hatnak a detektált mag kémiai eltolódására. Elsőként nézzük a szén hibridállapotának hatását az ^1H spektrumra. A TMS-jelétől

0,0-1,5 ppm-re: ^1H mag sp^3 C-en, ami mellett sp^3 C.

1,5-2,5 ppm-re: ^1H mag sp^3 C-en, ami mellett sp^2 C.

2,5-4,5 ppm-re: ^1H mag sp^3 C-en, ami mellett heteroatom.

4,5-6,5 ppm-re: ^1H mag sp^2 C-en.

6,5-8,0 ppm-re: ^1H mag aromás gyűrűn.

Az aromás gyűrűkhöz kapcsolódó hidrogének nem várt nagy kémiai eltolódásért az aromás gyűrűben indukálódó köráramok a felelősek, melyek mágneses tere a gyűrűn kívül hozzáadódik a külső térhez.

Nagyon eltérő elektronrendszerek esetén igen nagy lehet a kémiai eltolódásokban a különbség. Míg a hidrogén spektrum maximum 20 ppm széles, addig a ^{13}C spektrum 250 ppm-es tartomány, a még változatosabb kötésviszonyokat mutató ^{15}N spektruma több, mint 600 ppm-es.

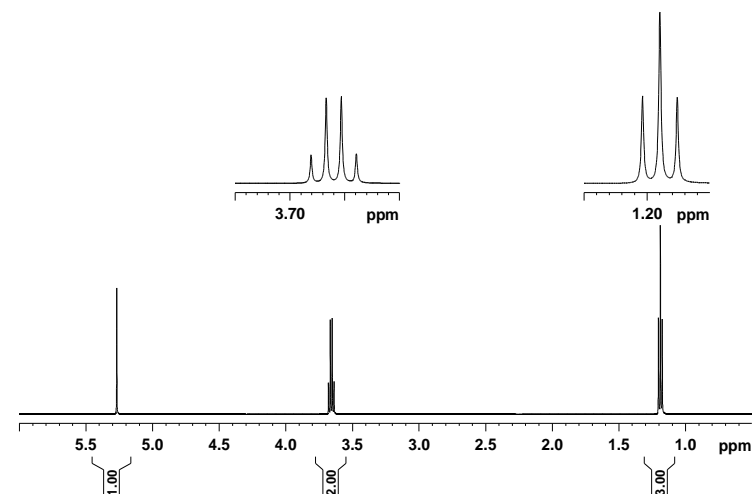
Nagyon fontos tényező a szomszédos atomok elektronegativitása. A növekvő számú és nagyságú nagy elektronegativitású szomszéd csökkenti a vizsgált mag körüli elektronsűrűséget és ezzel növeli a kémiai eltolódást.

Pl. az ^1H NMR eltolódás a növekvő számú elektronvonzó klóratommal egyre nő: CH_4 (0,23 ppm), CH_3Cl (3,05 ppm), CH_2Cl_2 (5,30 ppm), CHCl_3 (7,26 ppm).

Ezzel szemben, a kis elektronegativitású fémek +I effektussal különösen nagy árnyékolást okozhatnak (Ld. TMS 0,0 ppm, Me-Li (-1,74 ppm)).

Gyakorlati szempontból fontos, hogy a kémiai eltolódást befolyásoló szerkezeti paraméterek a hidrogén és szénspektrumokban hasonló irányban hatnak, de a szén spektrumban nagyobb mértékűek. Pl. ^{13}C NMR eltolódások: CH_2Cl_2 (53,48 ppm), CHCl_3 (77,22 ppm). CCl_4 (96,09 ppm).

A spektrumfejtésben nagy szerepe van a molekulák szimmetriájának, hiszen ha két vagy több atommag körül szimmetria okok miatt azonos az elektronsűrűség, akkor azonos eltolódású jeleket adnak. Ilyenkor a spektrum különösen egyszerű. Például a TMS négy metil szene, illetve 12 hidrogénje ekvivalens egymással és csak egy-egy jelet adnak. Az etanol hidrogén spektrumában három jelcsoport található 1:2:3 intenzitásarányal az OH, CH_2 és CH_3 csoportoknak megfelelően [5. ábra].



5. ábra Az etil-alkohol ^1H NMR spektruma.
OH (5,27 ppm, szingulett) CH_2 (3,66 ppm kvartett), CH_3 (1,19 ppm, triplett)

A kémia eltolódás nagy teljesítményű számítógépekkel már elég jól számítható, de a gyakorlatban ma is leginkább az ismert molekulák szerkezeti részleteinek és spektrumainak összehasonlításán, és az ebből levonható kvalitatív szabályokon alapul a spektroszkópiai szerkezetmeghatározás. Az összehasonlításokhoz nyomtatott és online spektrumkönyvtárak is rendelkezésre állnak.

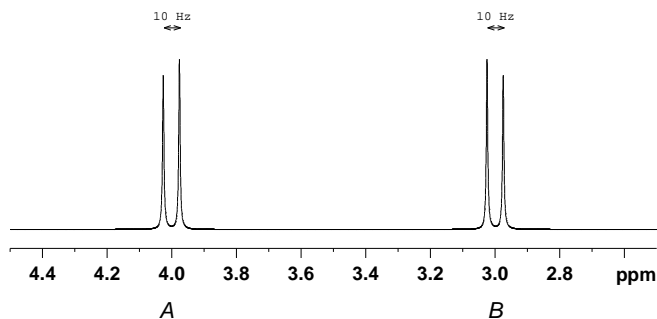
2.3. Multipliett felhasadás és skaláris csatolás

Már a nagyon egyszerű szerves anyagok proton NMR spektrumában is megfigyelhető, hogy a spektrumvonalak száma sokkal nagyobb a molekulában előforduló hidrogének számánál. Ugyanakkor, a vonalak jellegzetes intenzitásarányú jelcsoportokat alkotnak, melyekben a vonalak távolsága nem függ a mérésben alkalmazott külső mágneses tér erősségétől. Ez a multipliett felhasadás jelensége, melynek oka a molekulában levő atommagok skaláris csatolása.

A skaláris csatolás a következőképpen magyarázható. Egy atommag NMR átmenetének frekvenciája a mag által érzett mágneses tér erősségével arányos. Ez a tér azonban nem egyezik meg a külső mágneses térrel, hiszen azt az atommagot körülvevő elektronok gyengítik (ld. kémiai árnyékolás).

Ugyanakkor, ha a jelet adó A atom közelében egy másik B , $I = 1/2$ spinű atommag is található, akkor az is a külső térrel megegyező (α), vagy ellentétes (β) irányban orientálódik és lokális teret kelt, mely tér a kémiai kötésben résztvevő elektronokon keresztül a molekulában lévő távolabbi atommagokra is hat. Így a példánkban szereplő molekulák egy részében ez a tovatartó tér az A mag jelének frekvenciáját növeli, másik részükben pedig csökkenti. Azt is mondhatjuk, hogy két *spin-izomert* mérhetünk. Így B hatására az A mag jele kettővé – dubletté – hasad. A két vonal eltávolodását jellemző fizikai mennyiséget csatolási állandónak nevezzük, J -vel jelöljük és Hz-ben mérjük. Az alábbi egyszerű esetekben J leolvasható a szomszédos multipllett-vonalak távolságából. Bonyolultabb molekulákban az ilyen fajta grafikus leolvasás már nem mindig lehetséges.

Az A és B magmágnesek kölcsönhatása szimmetrikus, azaz amennyivel hasítja fel B mag az A jelét, A is annyi Hz-el hasítja fel B jelét. B is dublettet ad [6. ábra].



6. ábra. AB spinrendszer NMR spektruma $J = 10$ Hz-es csatolással.

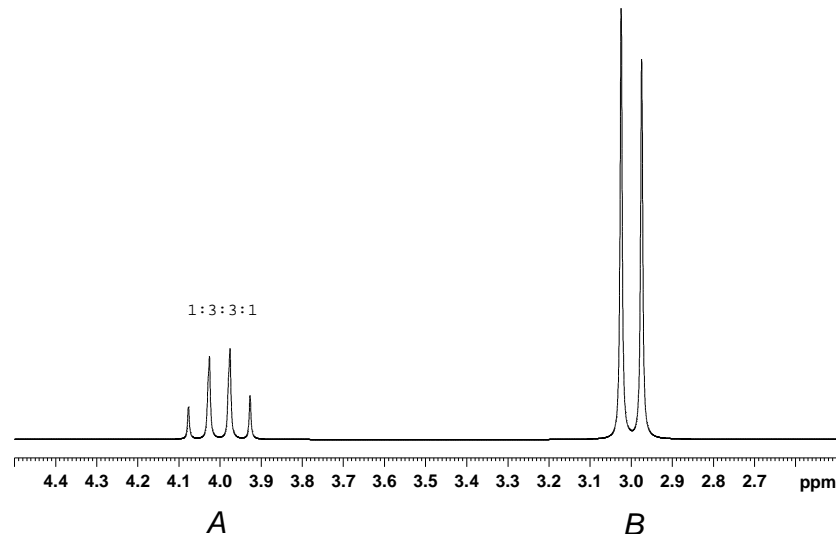
Ha a molekulában két olyan B atom is van (CH-CH₂ fragmens), melyek A maggal tökéletesen megegyező elektronszerkezettel kapcsolódnak, azaz B -k szimmetrikusak, akkor A mag felhasadása még összetettebb lesz. A molekulák egy részében mindkét B mag α -irányú és éppen kétszer erősebben változtatják meg a lokális teret A helyén, mintha csak egy B atom lenne. Ebben a molekulában a vonal kétszer jobban távolodik el. A molekulák másik részében két β -állapotú B atom lesz, ami ellenkező irányú, és ismét kétszeres vonaleltolódást okoz. Végezetül lesznek olyan molekulák, melyekben az egyik B -atom α -, a másik β -állapotban lesz,

vagy éppen fordítva, az első B -atom lesz β - míg a másik α -állapotú. Ez utóbbi két esetben az α és β -állapotok mágneses hatásai egymást kompenzálják és ekkor a spektrumvonal helye nem tolódik el. Végül három spektrumvonalat látunk 1:2:1 intenzitásarányal, ami triplettnak felel meg. A két B mag árnyékolása egyforma, így a spektrumban ugyanott jelennek meg. Ugyanakkor mindkettőjük jelét az A mag dublettre hasítja fel.

Három szimmetrikus B mag esetén (CH-CH₃) a spin-izomer molekulák száma már kilenc

($\alpha_1\alpha_2\alpha_3$, $\alpha_1\alpha_2\beta_3$, $\alpha_1\beta_2\alpha_3$, $\beta_1\alpha_2\alpha_3$, $\beta_1\beta_2\alpha_3$, $\beta_1\alpha_2\beta_3$, $\alpha_1\beta_2\beta_3$, $\beta_1\beta_2\beta_3$).

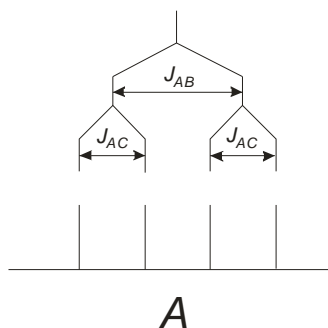
Ezen izomerek közül a másodikban, harmadikban és negyedikben a B -k eredő hatása egyforma, ezért egyetlen háromszoros intenzitású vonalat adnak. Hasonlóan az ötödiktől a hetedikig terjedő spin-izomerek is egyetlen háromszoros intenzitású jelet adnak. Összességében A mag jele egy 1:3:3:1 arányú kvartettre hasad. A B magok jele még mindig dublett, hiszen a szomszédos A csak α - vagy β -állapotú lehet. Fontos szabály, hogy az azonos kémiai eltolódású magok soha nem hasítják fel egymást multiplletté [7. ábra].



7. ábra. AX₃ spinrendszer kvartett és dublett jelei.

Az eddig tárgyalt 1, 1:1, 1:2:1 és 1:3:3:1 intenzitásarányok már sejtetik, hogy a matematikából ismert *Pascal*-háromszög írja le a feles spinű multiplettek intenzitásarányát.

Ha *A* maghoz két különböző árnyékoltságú *B* és *C* magok csatolódnak ($\text{CCl}_2\text{H}^B\text{-CClH}^A\text{-CH}^C\text{Br}_2$), akkor azok eltérő J_{AB} , és J_{AC} csatolási állandókkal jellemezhetők. Ilyenkor *A* jele egyszer J_{AB} távolságú dublettre hasad, melynek minkét vonala további J_{AC} távolságú dublettre hasad. Összesen négy, 1:1:1:1 intenzitásarányú jelet kapunk. Ez a "multiplettek multiplettje" elv bonyolultabb csatolások esetén is ugyanígy használható [8. ábra].



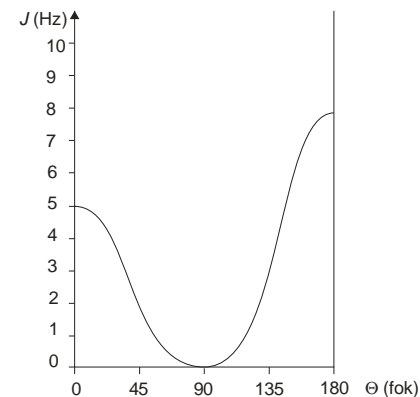
8. ábra. *ABC* spinrendszer *A* része dublett - dublett felhasadást mutat.

Nemcsak az 1/2 spinű magok csatolódnak. Például, az $I = 1$ spinű deutérium (lehetséges állapotai α , β és γ) a szomszédos mag jelét három, 1:1:1 arányú vonalra hasítja. Ilyen tripllett látható a deutero-kloroform (CDCl_3) ^{13}C NMR spektrumában. Ezt az anyagot gyakran használjuk apoláros NMR oldószerként, mert így az oldószer nem tud jelet adni a proton-spektrumban, ahol az oldott anyag gyenge jeleit kell detektálnunk. Poláris oldószerként a nehézvíz (D_2O) is használatos. N darab szimmetrikus, I spinű mag $k = 2N I + 1$ vonalra hasítja fel a csatoló partner jelét. Az így kapott multiplett vonalainak intenzitásaránya azonban csak az $I=1/2$ esetén jellemezhető a *Pascal*-háromszöggel!

Láthatjuk, hogy a skalár csatolás nagyon fontos az NMR-ben, mert az atomi szomszédságokról és kötésviszonyokról is információt tud nyújtani. Sajnos az atomok közötti kötések számának növekedésével a csatolás gyengül, a felhasadás mértéke pedig csökken. Gyenge csatolás esetén

pedig már nem tudhatjuk, hogy a vonal szingulett vagy közeli dublett-e. Gyakorlatban az egy-kötéses csatolás erős (100-200 Hz-es), a két-három kötéses csatolások 2-15 Hz közöttiek és mérhetőek. A négy- és több-kötéses csatolások már csak bizonyos (tipikusan konjugált kettőskötéses vegyületekben) okoznak mérhető felhasadást.

A csatolási állandó nemcsak a kötések számától, de a kötésben résztvevő elektronok térbeli elrendeződésétől is erősen függ. A háromkötéses csatolásokban akkor a legnagyobb a csatolási állandó, ha a három kötés egy síkban és *transz*-pozícióban található. Kisebb a csatolás a síkbeli *cisz*-pozíció esetén. Végezetül erősen lecsökken a csatolás, ha a négy atom nincs egy síkban (*gauche*-pozíció). Ennek a tapasztalatnak az általánosítása az ún. *Karplus*-összefüggés, mely lehetőséget nyújt a sztereoizomerek NMR-el történő megkülönböztetésére [9. ábra].



9. ábra. A csatolási állandó (J) torziós szögtől (Θ) való függése *Karplus* szerint.

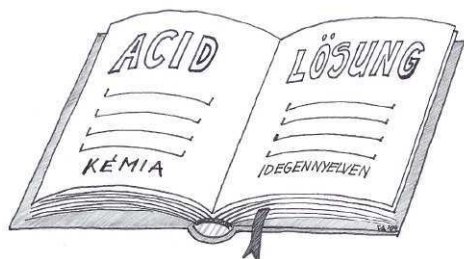
3. Kitekintés

A módszer fent vázolt pulzus-Fourier elve utat nyitott a több pulzusos, és több mag gerjesztésén alapuló mérési módszerek *százainak* kidolgozásának, melyekkel más és más információt kaphatunk a molekulák szerkezetéről. Így az NMR napjainkban nélkülözhetetlen szerkezetvizsgáló módszer a kémiában, biokémiában és anyagtudományokban. Továbbfejlesztve pedig MRI (magnetic resonance imaging) néven bevonult az orvosdiagnosztikába is.

4. Irodalom

1. P.J. Hore: Mágneses magrezonancia,
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004.
2. Sohár Pál: Mágneses magrezonancia-spektroszkópia,
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1976.

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia angolul *Szerkesztő: MacLean Ildikó*

Kedves Diákok!

Örömmel javítottam a nagyszámban beérkezett fordításokat a füstérzékelők működéséről. Sokan kiválóan megbirkóztak a feladattal. A legjobban sikerült 10 fordítás közül **Garai Anna Lilli** (Óbudai Gimnázium 9.c osztály) munkáját választottam mintafordításként.

A fordításokban visszatérő hibákra szeretném felhívni a figyelmet :

- „drop in current” ez esetben a drop nem a vízcseppre vonatkozik, hanem esés/visszaesés/csökkenésként kellett fordítani

-„, the ionization chamber consist of two plates” természetesen nem tányért jelent, hanem lemezt

E mellett rendre kijavítottam és a magyar megfelelő alkalmazását előnyben részesítettem a detektor azaz érzékelő szavak esetén.

A 2008/4. számban közölt szakszöveg mintafordítása:

Hogyan működnek a füstérzékelők?

Fotoelektromos és ionizációs füstérzékelők

A füstérzékelőknek két fő típusa van: Ionizációs érzékelők és fotoelektromos érzékelők. A füstriasztók egyik, vagy mindkét módszert alkalmazzák, néha még hőérzékelőt is, hogy figyelmeztessenek a tűzre. Ezek az eszközök működhetnek 9 V-os elemmel, lítium elemmel vagy akár 120 V-os otthoni hálózatról is.

Ionizációs érzékelők

Az ionizációs érzékelőkben van egy ionizációs kamra és egy ionizáló sugárforrás. Az ionizáló sugárzás forrása egy kis mennyiségű amerícium 241 izotóp (talán 0,0002 gramm), ami alfa részecskék (hélium atommagok) kibocsátója. Az ionizációs kamra két, körülbelül egy centiméter távolságban lévő lemezből áll. Az elem feszültséget ad a lemezekre, az egyiket pozitív, a másikat negatív töltéssel látva el. Az amerícium által folyamatosan kibocsátott alfa részecskék leszakítják a levegőben lévő atomok elektronjait, ionizálva az oxigén és nitrogén atomokat a kamrában. A pozitív töltésű oxigén és nitrogén atomokat vonzza a negatív lemez, az elektronokat vonzza a pozitív lemez egy kismértékű, állandó elektromos áramot állítva elő. Ha füst kerül az ionizációs kamrába, a füst részecskék kapcsolódnak az ionokhoz és semlegesítik őket, így nem érik el a lemezt. A lemezek közötti áram csökkenése indítja a riasztást.

Fotoelektromos érzékelő

A fotoelektromos érzékelők egyik típusában a füst leárnyékol egy fénysugarat. Ebben az esetben egy fotocellát elérő fény csökkenése indítja a riasztást. A legelterjedtebb fotoelektromos típusban a fényt a füst részecskék egy fotocella felé szórják, kezdeményezve a riasztást. Ebben az érzékelő fajtában egy T-alakú kamra van egy fénykibocsátó diódával (LED), amely fénysugarat sugároz a T vízszintes ágába. A (-1p) fotocella, amely a T függőleges ágának aljában van, áramot fejleszt, ha fény éri. Füstmentes körülmények között a fénysugár zavartalanul átmegy a T felső ágán, nem érintve a fotocellát, amely közvetlenül a sugár alatt helyezkedik el. Amikor füst van jelen, a fény szóródik a füst részecskéken és a fény egy része lefelé irányul a T függőleges ágán, és eléri a fotocellát. Ha elegendő fény éri a cellát, az áram indítja a riasztást.

Melyik módszer a jobb?

Az ionizációs és a fotoelektromos érzékelők egyaránt hatékony füstérzékelők. Mindkét füstérzékelőnek ugyanazon a vizsgálaton kell átmennie ahhoz, hogy az USA minősítő intézetének UL (Underwriters Laboratories) bizonyítványát megkapja. Az ionizációs érzékelők gyorsabban reagálnak kisebb égő részecskékkel lángoló tüzekre, a

fotoelektromos érzékelők gyorsabb választ adnak parázsló tüzek esetében. Mindkét típusnál a nagy nedvességtartalom vagy gőz lecsapódást okozhat az áramkörben vagy az érzékelőben, riasztást okozva. Az ionizációs érzékelők kevésbé költségesek, mint a fotoelektromos érzékelők, de egyes használók szándékosan kikapcsolják őket, mert – a füstreszecskékre való érzékenységük miatt – nagyobb eséllyel adnak riasztást főzés alatt. Az ionizációs érzékelők felépítésükben fogva azonban olyan biztonságot nyújtanak, amit a fotoelektromos érzékelők nem tudnak. Ha egy ionizációs érzékelő eleme kezd tönkremenni, az ionkibocsátás lecsökken, és riasztás szólal meg figyelmeztetve arra, hogy ideje az elemet cserélni, mielőtt az érzékelő hatástalanná válik. A fotoelektromos érzékelőkhöz lehet tartalék elemeket használni.

Az első forduló legsikeresebb szereplői:

Madura Tímea (Irinyi János Szakközépiskola és Kollégium 12.a)	96pont
Huszár István (Zrínyi Ilona Gimnázium és Kollégium 11. évf.)	95pont
Fábián Aliz (Szeged, Radnóti Miklós kísérleti Gimnázium 10.b)	95pont
Fónagy Veronika (Árpád Gimnázium 11.a)	95pont
Pólai Zsófia (Pécs, Janus Pannonius Gimnázium 12.c)	94pont
Hadarits Flóra terézia (Szigetszentmiklós, Batthyány Kézmér Gimnázium 11.b)	94pont
Balogh Péter (Óbudai Gimnázium 10.c)	94pont
Garai Anna Lilli (Óbudai Gimnázium 9.c)	91pont
Katona Róbert (Debrecen, Ady Endre Gimnázium 10.c)	91pont
Kerekes Pál (Óbudai gimnázium 9.c)	91pont

Íme, az újabb fordítandó feladat. Jó munkát kívánok ehhez az első fordításukat vállalóknak és a már gyakorlott fordítóknak is.

How Lead Works

Lead is an element, specifically one of the heavy metals. It has the following properties:

- Bluish-white color
- Solid at room temperature
- Dense (11.4 times denser than water)
- Soft
- Malleable, or able to be molded
- Ductile, or easily drawn into wire
- Doesn't conduct electricity well

Chemically, the most common form of lead atom has 82 protons, 82 electrons and 125 neutrons. It has four electrons in its outer energy level or **shell**, which means it can form up to four chemical bonds with other elements. In the Earth's crust, lead is rarely found as a pure metal, but rather as lead compounds such as lead sulfide, lead sulfate or lead oxide. These lead compounds often occur with silver.

Lead has no role in the human body and, as you're undoubtedly aware, is quite toxic. In the 1970s, many American children suffered from lead poisoning through exposure to lead paints. Such paints are no longer produced in the United States, and the incidence of lead exposure through this source has gone down, except in older houses (built before 1978). However, lead paints are still used in other countries. For example, in 2007, lead hit the news when many toys made in China were recalled because they contained lead-based paints. Lead remains a leading environmental hazard worldwide. Here, we'll discuss the extraction and refining of lead, its industrial uses, and its adverse health and environmental effects.

Leaded Gas and Other Uses for the Heavy Metal

Since ancient times, humans have known about lead. Lead was originally a novelty with little use or value. Its first use was for artwork. But entrepreneurial Romans used lead extensively and took advantage of its malleability and resistance to corrosion. They made lead pipes to carry

water and to drain sewage water. They also used lead to line containers that stored water. The English word "plumbing" and the chemical symbol for lead (Pb) come from the Latin word **plumbum**, which means "liquid silver." Lead plumbing from Roman times survives today in Roman baths and structures.

Aside from its role in plumbing, lead has been added to cosmetics, colorful paints and pigments, glass, pewter jewelry and tableware, munitions and pottery. In the 20th century, lead could also be found in household paints, plumbing, cable sheathing and additives to gasoline (tetraethyl lead). However, as health officials began to recognize the metal's toxic effects on human and environmental health, the use of lead in these areas has been greatly reduced, if not eliminated.

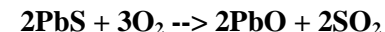
Today, you predominantly find lead in lead acid batteries for electrical power, like your car battery. According to the International Lead Association, 70 percent of lead-acid batteries are recycled and used for secondary lead production.

Besides batteries, you can find lead in roofing products and radiation shielding -- the element's high density makes it ideal for absorbing gamma radiation and X-rays. Most glass cathode ray tubes (like those in computer monitors) have leaded glass in them to shield the viewer from radiation made inside. You'll also find lead added to glass for decorative crystal. Lastly, lead solder is good for making electrical connections, and the element is also handy for ceramic devices used in the electronics industry.

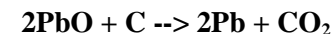
Where does all that lead come from? It's hidden in the Earth's crust, primarily as a sulfide (PbS) in the mineral **galena**. Currently, 75 percent of the world's lead comes from China, the United States, Australia, Canada, Mexico and Peru [source: International Lead Association]. More lead is produced secondarily by recycling lead scrap.

Before lead can exist in its finished form, you have to process and refine the lead ore. The Romans used a process called **cupellation** to separate silver from lead. Today, the lead industry extracts the element using the processes of roasting and smelting, which are similar to the methods the Romans used.

1. **Roasting:** Galena is heated in air to convert lead sulfide (PbS) to lead oxide (PbO), plus sulfur dioxide.



2. **Smelting:** Coke (carbon -- C) is added to lead oxide (PbO) and mixed with air in a high-temperature blast furnace to obtain lead metal. In the shaft of the furnace, the carbon displaces the lead from lead oxide to form carbon dioxide gas (CO₂) and molten lead (Pb).



The molten lead sinks to the bottom of the furnace, is siphoned off and cools to form lead bricks or **pigs** (big, oblong masses). **Slag**, a nonmetallic by-product of metal smelting, separates from molten lead, gets siphoned off, cooled and dumped as waste. Molten lead extracted through smelting often contains other metal impurities, such as zinc, arsenic, copper, silver, gold and bismuth. **Electrowinning** removes these impurities with the help of an electrical current.

Besides extracting lead from ore, the heavy metal can also be produced from secondary sources such as used batteries and scrap lead. **Secondary extraction** also involves processing the raw materials, smelting (or turning reclaimed lead back into alloys or its elemental form), cooling and casting.

Forrás:<http://science.howstuffworks.com/lead.htm>

Mindenkit kérek arra, hogy a dokumentumokat **csatolt fájlként** (.doc formátumban!) küldje és a dokumentum bal felső sarkában szerepeljen a neve, iskolája és osztálya. A dokumentum elnevezésekor a neveteket feltétlen tüntessétek fel!

A **helyesírást**okat a beküldés előtt alaposan **ellenőrizzétek**, az elgépeléseket korrigáljátok.

A következő fordítást is a már megszokott címre küldjétek:

kokelangol@gmail.com

esetleg hagyományos levél formájában:

KÖKÉL Kémia idegen nyelven (MacLean Ildikó)

BME Két Tanítási Nyelvű Gimnázium

1111 Budapest, Egry József utca 3-11.

Beküldési határidő: 2009. február 27.

Kémia németül

Szerkesztő: Dr. Horváth Judit

A 2008./4 számban közzétett német szakszöveg helyes fordítása:

Gumicukor, „Gumimaci”

Vegyszerek

- szacharóz¹ (háztartási cukor)
- borkősav², Xi, R=36 S=24-25
- zselatin
- almasav
- élelmiszerszínezékek
- gyümölcsaromák

Eszközök

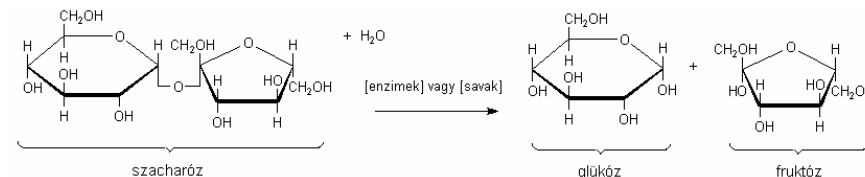
- evőkanál
- csipesz
- 2 db 200 ml-es főzőpohár
- 400 ml-es főzőpohár
- üvegbot³
- spatula
- fűthető mágneses keverő⁴
- hőmérő $T=120^{\circ}\text{C}$
- üvegtölcsér
- (vízfürdő)
- keményítőágy (a legfinomabb szemcséjű kukoricakeményítő tepsiben)
- bélyegző⁵
- mirelitzacskó⁶ (a csomagoláshoz)
- 50 ml-es mérőhenger
- forró víz
- alufólia

Az eljárás menete

I) Invertcukor⁷ előállítás:

Egy 200 ml-es főzőpohárban 67 g szacharózt és egy spatulahegynyi borkősavat összekeverünk 33 ml vízzel, és a fűthető keverőn 75°C -ra melegítjük; ez akár 30 percig is eltarthat⁸.

Borkősav vagy citromsav hozzáadására főzéssel a cukrot invertcukorra alakítjuk. Az invertcukor egyenlő rész szőlőcukorból és gyümölcscukorból álló szirup. Figyelemreméltó⁹, hogy ennek a keveréknek az édes íze erősebb a szacharózénál.



Szacharóz hidrolízise

A főzőpoharat parafilmmel/alufóliával letakarjuk, és a gumimaci-gyártásig eltesszük (eltarthatóság. min. 4 hét).

II) A gumicukor tulajdonképpeni gyártása:

A 400 ml-es főzőpohárba bemérünk 30 g zselatint, és elkeverjük 50 ml vízzel, míg az egész zselatin átnedvesedik; ezután 15 percig duzzadni¹⁰ hagyjuk.

200 ml-es főzőpohárba bemérünk 80 g szacharózt, hozzáadunk 25 ml vizet, és addig főzzük, míg az oldat hőmérséklete pontosan 115°C -os lesz. Azonnal levesszük a platniról.

Ekkor a zselatint óvatosan (gyorsan odaég¹¹) keverés mellett megolvastjuk a forró platnin; a 75°C -os hőmérsékletet nem túllépni! Ezután először az invertcukrot, majd a cukoroldatot hozzáöntjük a zselatinhoz, és üvegbottal jól összekeverjük.

Ekkor megkezdődik a macimassza ízesítése, vagyis innentől kezdve újra meg újra kóstolgatni¹² kell (Az aroma ízét intenzívebben érezni a meleg masszában, mint később a gumimaciban!):

Először 5 csepp aromát keverünk bele, majd részletekben almasavat adunk hozzá, és közben állandóan kóstolgatjuk¹². Ezt követően hozzáadjuk a maradék aromát (lásd a következő táblázatot).

Az aroma hozzáadása sav nélkül kevésbé hatásos, hiszen a masszát édesnek és íztelennek¹³ érezzük. Csak a sav hozzáadása után válik érezhetővé az aroma íze. Az íz erősségét is csak a sav hozzáadása után tudjuk megítélni.

	<u>aroma, térfogat</u> ^{14*}	<u>almasav, tömeg</u> ¹⁵
cseresznye	20 csepp	5,5 g
citrom	2 ml	8,0 g
ananasz	30 csepp	5,5 g

eper	10 csepp	4,5 g
málna	20 csepp	5,5 g
szilva	30 csepp	5,5 g
sárgabarack	40 csepp	6,0 g

*Az adagolás a természetes gyümölcs savanyú karakterétől és az egyéni ízléstől, valamint a használt aroma töménységétől és fajtájától (gyártó, termék) függ.

Végezetül 1–3 csepp élelmiszerfestékkel színezzük. Ezután a masszát néhány percig melegen pihentetjük, és a képződő habot egy kanállal leszedjük.

Púdertálca¹⁶:

Egy tepsit megtöltünk keményítővel, és simítóléccel¹⁷ elosztatjuk úgy, hogy sima felület képződjön, mely a tepsi szélével záródik. Esetenként a keményítőt után kell tölteni; soha ne nyomjuk erősen! Ezután csipesszel gyári gumimacikat vagy pedig kézzel másféle bélyegzőket nyomunk óvatosan a keményítőbe. A távolságot úgy kell megválasztani, hogy az egyes mélyedések épp ne omoljanak be¹⁸.

A meleg masszát a kukoricakeményítőben lévő lenyomatokba öntjük (A macimasszát tartalmazó főzőpoharat esetleg forró vizes edényben tároljuk, mert nagyon gyorsan kihűl és megkeményedik). A masszát üvegtölcséren keresztül vagy üvegbot mentén önthetjük a formákba.

2–12 óra elteltével a gumicukrok kikeményednek, és ujjal vagy csipesszel kivehető a keményítőágyból. A keményítő eltávolítására legjobb a macikat egy szűrőbe tenni és lefújni¹⁹ (esetleg sűrített levegővel). A gumimaciknak azonban egy kevés keményítővel beszórva kell maradniuk, a keményítő elválasztószerként szolgál. Eltarthatóság: min. 3 hónap kiszáradás²⁰ nélkül.

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Eszközök, berendezések:

e Pinzette, ~, ~n	csipesz
s Becherglas, ~es, ~er	főzőpohár
r Glasstab, ~(e)s, ~e	üvegbot
r Spatel, ~s, ~	spatula
r Heizrührer, ~s, ~	fűthető mágneses keverő

r Trichter, ~s, ~	tölcsér
s Wasserbad	vízfürdő
r Messzylinder, ~s, ~	mérőhenger
s Sieb, ~(e)s, ~e	szita

Anyagok:

e Saccharose	szacharóz
e Weinsäure	borkósav
e Äpfelsäure	almasav
e Gelatine	zselatin
e Stärke	keményítő
r Invertzucker	invertcukor
e Zitronensäure	citromsav
r Traubenzucker	szőlőcukor
e Glucose	glükóz
r Fruchtzucker	gyümölcscukor
e Fructose	fruktóz
e Druckluft	sűrített levegő

Fogalmak:

s Volumen	térfogat
e Masse	tömeg

Egyéb:

einwiegen	bemér
quellen	duzzad, duzzaszt (gél)
schmelzen	olvad, olvaszt
versetzen	vegyít
es bildet sich etw.	képződik vmi

A fordításokról:

Rekord mennyiségű fordítás érkezett, és a pontszámok is nagyon magasak. Néhány apróbb észrevétel:

¹**Saccharose** – a magyar helyesírás szerint szacharóz („ch”-val és hosszú „ó”-val). Nem ~~szaharóz~~ vagy ~~saccharose~~ (a Bruckner Szerves kémia könyvben még régi helyesírás szerint található).

²**Weinsäure** – magyarul **borkósav** és nem ~~borsav~~. (Németül meg nem mondják Weinsäure-nak.) A szőlősav régi elnevezés.

³**Glasstab** – üvegbot, nem ~~üvegpálc~~a vagy ~~üvegrúd~~

⁴**Heizrührer** – fűthető mágneses keverő. Esetleg elektromos melegítő, vagy főzőlap, de nem ~~hőkeverő~~, ~~fűtőszál~~, ~~égő~~, ~~tűzhely~~, ~~kémiai kályha~~???

⁵**Stempel** – pecsétforma, mintaforma, kiöntő forma, de nem ~~védjegy~~

⁶**Gefrierbeutel** – hűtőzacskó, fagyasztótasak, mélyhűtőtasak, ~~vákuumfólia~~

⁷**Invertzucker** – invertcukor, és nem ~~invertált-cukor~~, invert-cukor, főleg nem ~~répacukor~~. Utóbbi pontosan a szacharóz köznapi neve, vagyis a répacukor éppen a kiindulási anyagunk, amiből az invertcukrot előállítjuk.

⁸**dies kann bis zu 30 min dauern** – ez akár 30 percig is tarthat. (Nem állítjuk biztosan, hogy ennyi ideig tart, de előfordulhat.)

⁹**Bemerkenswert** – figyelemreméltó (vagyis meglepő, szokatlan), nem egyszerűen ~~megfigyelhető~~, ~~észrevehető~~, ~~fontos~~ vagy ~~figyeljük meg~~

¹⁰**quellen** – duzzadni, dagadni, de nem ~~melegíteni~~, ~~bugyogni~~, ~~forrni~~

¹¹**abschmecken, probieren** – kóstolni. Ez az, amit egyébként normál esetben a laborban soha nem teszünk!

¹²**anbrennt** – odaég, esetleg megég, de nem ~~meggyullad~~

¹³**fade** – íztelen, **jellegtelen ízű**. Utóbbi, **Kamenyik Marcell** megoldása, különösen tetszett. Kevésbé érthető: egyhangú, lanyha, ~~rossz ízű~~, ~~sima~~?

¹⁴**Volumen** – térfogat. Nem egyszerűen mennyiség. Az „úrtartalom” kifejezés edények méretére használatos.

¹⁵**Masse** – tömeg. Itt (kivételesen) nem a gumicukor-masszáról, hanem a hozzáadandó almasav tömegéről van szó.

¹⁶**Puderkasten** – púdertálca. A legnagyobb német gumicukorgyártó cég magyar honlapján ez a szakkifejezés szerepel.
http://www.haribo.com/planet/hu/info/core/nutritional_info/production.php
(„Az Aranymaci előállításának menete”, 14–15. old.)

¹⁷**Streichleiste** – simítóléc, simító, esetleg spatula. Sodrófát is elfogadtam volna. Egyéb ötletek: spakli (!), lapát, vágott lécs, kenőpálcá(?).

¹⁸**Der Abstand soll so gewählt werden, dass die einzelnen Vertiefungen gerade nicht einfallen.** – Németül jól beszélő magyar ismerőseim körében is megoszlottak a vélemények, hogy az „einfallen” itt „zusammenfallen” = „egybeesik” vagy „einstürzen” = „beomlik” értelemben áll -e. A kérdés eldöntésére végül a német anyanyelvű kollégát kellett megkérnem. Szerinte eleve „sántít” a mondat második fele, ő nem így mondta volna. A mélyedések így is, úgy is ott vannak, beomlani legfeljebb azok fala (die Abgrenzungen) tudna, ráadásul az „einfallen” sem a legmegfelelőbb szó erre. A német élő nyelv, bizony előfordulhat, hogy kicsit „keverednek” a szavak. Figyeljük meg, hogy mi sem mindig a szótár szerint beszélünk! A „ne essenek egybe” fordítást négyen írták: **Lukács Virág, Tóth Mónika, Schuck József és Grunda Erzsébet.**

¹⁹**Um die Stärke abzubekommen legen Sie die Bärchen am besten in ein Sieb und pusten die Stärke [...] ab.**
„Ahhoz, hogy a keményítőt ~~visszanyerjük~~, legjobb, ha a mackókat beletesszük egy szitába, és ~~átpasszírozzuk~~ (!!!?) a keményítőt.”

Szegény mackókból nem sok maradna!

²⁰**ohne auszutrocknen** – kiszáradás és nem kiszáritás nélkül.

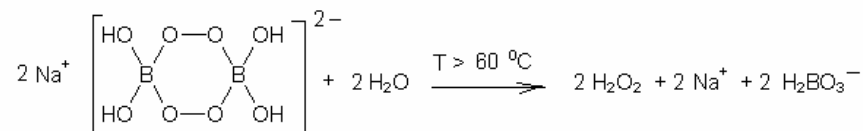
A beküldött fordítások értékelése:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	ÖSSZ. (max.100)
Rátkai Tímea	11.C	Árpád Gimn., Budapest	76	17	93
Lukács Virág	9.D	Berzsenyi Dániel Gimn., Bp.	73	19,5	92,5
Kamenyik Marcell	11.A	Árpád Gimn., Budapest	73,5	19	92,5
Vadász Gergő	11.A	Árpád Gimn., Budapest	71	16,5	87,5
Varju Evelin	?	? (lakh. Pomáz)	69	18	87
Tóth Mónika	13.E	Széchenyi István Gimn., Szolnok	68	18	86
Pápai Dóra	9.C	Óbudai Gimn., Budapest	68	15	83
Halász Lilla	2.D	Selye János Gimn., Komárno (SK)	68	14	82
Salpauer Erzsébet	11.D	Árpád Gimn., Budapest	64,5	14,5	79
Bozi Szilvia	10.	Óbudai Gimn., Budapest	63	15	78
Haluk Tibor	?	Árpád Gimn., Budapest	60,5	16,5	77
Kerekes Pál	9.C	Óbudai Gimn., Budapest	57,5	14,5	72
Sánczi Ramóna	10.A	III. Béla Gimn., Műv. Szki. és Alapf. Művokt. Int., Zirc	54,5	16	70,5
Szarvas Anasztázia	10.A /11.O	III. Béla Gimn., Műv. Szki. és Alapf. Művokt. Int., Zirc	52	16,5	68,5
Schuck József	?	? (lakh. Pilisszentiván)	50,5	14	64,5
Péter-Szabó Petra	13.C	Thuri György Gimn., Várpalota	39,5	15,5	55
Grunda Erzsébet	10.C	Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimn., Pécs	30	15	45

Chemie auf Deutsch (fordításra kijelölt német nyelvű szakszöveg)

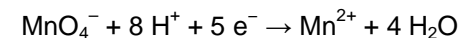
Bestimmung des Perboratgehaltes in Waschmittelmischungen

Neben dem Tensid und anderen Komponenten sind in einem Vollwaschmittel auch Bleichmittel enthalten. Diese bestehen im wesentlichen aus Natriumperborat. Beim Waschvorgang zerfällt bei Temperaturen über 60°C das gebundene Wasserstoffperoxid, wodurch farbige Verschmutzungen (z. B. Saft- oder Obstflecken) auf der Faser oxidativ zerstört werden. (Um mit dem Perborat ebenfalls bei niedrigen Temperaturen bleichen zu können, müssen Aktivatoren in das Waschmittel zugesetzt werden.)



Natriumperborat stellte die erste und bisher wichtigste Möglichkeit dar, trockene Waschmittelmischungen mit einer lange Zeit lagerstabilen Bleichmittelkomponente zu versetzen, die auch gefahrlos in den Handel gebracht werden kann. (Auch nach zehn Jahren Lagerung waren in überprüften Proben noch über 50% der ursprünglich zugesetzten Bleichmittelmenge vorhanden.) Natriumperborat wird durch Zugabe von Wasserstoffperoxid zu einer äquimolaren Borsäure-Natronlauge-Mischung hergestellt. Es kommt als kristallines Pulver oder oft auch in fein perlierter Form in den Handel. Die Löslichkeit ist nicht besonders hoch. Ein Liter Wasser löst bei Raumtemperatur kaum mehr als ca. 25 g des Salzes. Das Lösen erfolgt auffallend langsam.

Der Gehalt an Perborat im Waschmittel kann durch Titration in schwefelsaurem Milieu mit Kaliumpermanganatlösung bestimmt werden. Wasserstoffperoxid ist zwar ein Oxidationsmittel, gegenüber dem noch stärkeren Oxidationsmittel MnO_4^- ist es jedoch Reduktionsmittel. Bei der Reduktion nimmt Mangan im Permanganat 5 Elektronen auf. Es ändert seine Oxidationszahl von +7 nach +2 :



Die Beiden Sauerstoffatome im Wasserstoffperoxid werden dabei von der Oxidationsstufe -1 zur Oxidationsstufe 0 (d.h. also zu elementarem Sauerstoff) oxidiert:



Kaliumpermanganat (KMnO_4) ist violett und reduziertes Mangan (Mn^{2+}) farblos. Dadurch ist bei einer Titration ein Farbumschlag gut zu erkennen. Da diese Reaktion im stark sauren Medium erfolgt, ist bei der Bestimmung auf den pH-Wert zu achten.

Geräte

- Waage
- Spatel
- 3 Weithals-Erlenmeyerkolben (300 ml)
- Messzylinder (50 ml)
- Bürette (50 ml)

Chemikalien

- Lösung von Kaliumpermanganat ($c = 0,02 \text{ mol/l}$) (**Xi = reizend**)
- Schwefelsäure ($c = 1 \text{ mol/l}$) (**C = ätzend**)
- Lösung von Mangan(II)-sulfat ($w = 5 \%$)

Durchführung

Bei quantitativen Bestimmungen sind in der analytischen Chemie Dreifachbestimmungen der Probe obligatorisch.

Für jede Einzelbestimmung werden $1-2 \text{ g}$ Waschpulver analysengenau in einen Titrierkolben eingewogen, in ca. 100 mL Wasser gelöst und mit ca. 30 ml 1-molarer Schwefelsäure angesäuert. Dann wird die entstandene, meist stark getrübe Mischung mit der Kaliumpermanganatlösung titriert, bis die erste Rosafärbung mindestens 20 Sekunden bestehen bleibt.

Scheidet sich beim Ansäuern zuviel störende Fettsäure (Tenside im Waschmittel) ab, so setzt man vor der Titration noch ca. 10 mL Chloroform zu und schüttelt kräftig durch, wodurch die Hauptmenge der Fettsäure im organischen Lösungsmittel löst. Diese bildet eine unten liegende zweite Phase und stört dann im allgemeinen nicht.

Wissenswertes:

Zu Beginn der Titration erfolgt die Entfärbung nur langsam. Die dabei gebildeten Mangan(II)-Ionen wirken dann aber als Katalysator, so dass die Reaktion immer schneller wird. Um die Verzögerung am Anfang zu vermeiden, gibt man am besten gleich einige Tropfen Mangansulfatlösung zu.

Erfolgt die Entfärbung zu langsam oder scheidet sich gar Braunstein (MnO_2) ab, muss noch Schwefelsäure zugesetzt werden.

Am Ende der Titration bleibt die rosa Färbung vom ersten überschüssigen Tropfen meist $1-2 \text{ Minuten}$ bestehen und verblasst dann langsam. Trotzdem darf dann nicht mehr weiter titriert werden!

Berechnen Sie in Prozent den Massenanteil des Natriumperborats im Waschmittel! (z.B. Persil: 22% Perborat; Weißer Riese: 17% Perborat)

Forrás:

www.klassenarbeiten.de/oberstufe/leistungskurs/chemie/analytik/titrationen.htm
www.stromberg-gymnasium.de/unterricht/faecher/ch/praktikum_12-13/Prak12_11.doc
tw.w.fh-duesseldorf.de/DOCS/FB/MUV/chembiotech/files/labor/Chemie/PBN.pdf
www.gym1.at/chemie/pdflabor/7_kl/h2o2.pdf

Beküldési határidő: 2009. június 10.

Cím:

Horváth Judit (KÖKÉL német fordítási verseny)

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

Minden beküldött lap tetején szerepeljen a **beküldő neve, osztálya** valamint **iskolájának neve és címe**. A lapokat kérem **összetűzni!** Kézzel írt vagy szövegszerkesztővel készített fordítás egyaránt beküldhető. A kézzel írók (is) mindenképpen hagyjanak a **lap mindkét** (bal és jobb) **szélén min. 1 cm margót** (a pontoknak). Mindenki ügyeljen az olvasható írásra és a pontos címzésre!

Kérek mindenkit, hogy az iskoláját és az osztályát mindenképpen tüntesse fel!

Kalydi György

Keresd benne a kémiát!

Nagy örömmre szolgált, hogy ez az új rovat ennyi embernek tetszett, hiszen 22-en oldották meg a feladatokat. A megoldásokra kapott pontszámokat az új idézetek utáni táblázat tartalmazza. Jó munkát kívánok az új sorozathoz!

Megoldások

1. idézet

- 1. Szén, kristályos. (2p)
- 2. Gyémánt, grafit, fullerén. (3p)

	Gyémánt	Grafit
Rácstípus	Atomrács	Átmenetet képez a fém, molekula, atomrács között
Keménység	Kemény	Puha
Op, Fp	Magas	Magas
Vezetőképesség	Nem vezet	Vezeti (8p)

- 4. Kén: monokli-rombos, foszfor: fehér-vörös-fekete, oxigén: oxigén-ózon-O₄. (Bármely kettő felsorolása 2+2p)
- 5. Van. A kőszén nem a szén allotróp módosulata, hanem egy keverék. (2p)
- 6. Tőzeg, lignit, barnakőszén, feketekőszén, atracit. Ilyen irányban nő a széntartalom, a fűtőérték és csökken a víztartalom. (8p)
- 7. Mecsek, Dunántúli-középhegység, Északi-középhegység. (3p)
- 8. Izotóp: azonos protonszámú, de eltérő tömegszámú atomok összessége.
Allotróp: az a jelenség, hogy bizonyos elemek külső körülmények hatására (nyomás, hőmérséklet) eltérő kristályszerkezetű illetve moláris tömegű módosulatot képeznek. (2+2p)

Összesen: 34 p

2. idézet

- 1. Oxigén. (1p)
- 2. Az O₂, ózon és az O₄. (Bármely kettő felsorolása 2p)
- 3. P₄+5O₂=2P₂O₅ (2p) S+O₂=SO₂ (1p)
- 4. 2KMnO₄=K₂MnO₄+MnO₂+O₂, 2HgO hevítés 2Hg+O₂
2H₂O₂=2H₂O+O₂ (Bármely két helyesen felírt egyenlet (3+3p))

- 5. A levegő cseppfolyósításával. (1p)
- 6. Priestley, és Scheele egymástól függetlenül (3p)
- 7. Éghető anyag, gyulladási hőmérséklet, égést tápláló anyag (oxigén) (3p)
- 8. Az égés három feltétele közül legalább egyet kizárni. (1p)
- 9. Víz: hűt és elzárja az oxigént, ütőhatása révén leveri a lángot, por: elzárja az oxigént, szén-dioxid: elzárja az oxigént, homok: elzárja az oxigént, hab: elzárja az oxigént, (Bármely három helyes felírása 3x2=6p)
- 10. Pl. Halon. Azért tiltották be, mert károsítja az ózonréteget a benne lévő klór miatt. (3p)
- 11. Lassú égés: hosszú lefolyású, nem kíséri fényjelenség, nem szükséges magas hőmérséklet. Pl. rozsdásodás. Gyors égés: rövid lefolyású, általában fényjelenség kíséri, magas hőmérséklettel jár. Pl. fa égése. (2x3=6p)
- 12. Pl. Mg. 2Mg + CO₂ = 2MgO + C vagy C + 2N₂O = CO₂ + 2N₂ (Bármely helyesen felírt egyenlet 3p)

Összesen: 38p

3. idézet

- 1. CaCO₃ hevítés CaO + CO₂, (2p) CaO + H₂O = Ca(OH)₂ (2p)
- 2. Ca(OH)₂ + CO₂ = CaCO₃ + H₂O (2p)
- 3. Mert a száradás során víz is keletkezik, amelyet ha nem szellőztetnek ki penészedést idézhet elő, ami allergiás megbetegedéshez vezethet. (3p)
- 4. CaCO₃ + CO₂ + H₂O = Ca(HCO₃)₂, (2p) Ca(HCO₃)₂ = CaCO₃ + CO₂ + H₂O (2p)
- 5. Pl. Aggteleki cseppkőbarlang, Abaligeti cseppkőbarlang, (2p)
- 6. Pl. A Bükk hegységben (1p)
- 7. A mészégető kemencék legősibb fajtája a mészégető boksa. A kifejtett, felaprított mészkövet a fával vegyesen mély gödörbe rakják, alul kialakítják a tűzteret, a felületét pedig agyaggal betapasztják. Nyílásokat hagynak a levegő bejutásához. Egyszerre kb. 30-50 m³ mészkövet égetnek ki kb. 7 nap alatt. (3p)
- 8. A vízzel való reakció erős hőfejlődéssel jár, amely akár égési sérüléseket is okozhat, ha kifröccsen. (2p)
- 9. Kristályos módosulat a kalcit, legismertebb a mészkő, szemcsés formája a márvány, agyaggal szennyezett a márga, puha formája a kréta. (Bármely három, 3p)

- 10. A szén-dioxid kimutatására. (1p)
- 11. Semmelweis Ignác magyar orvos, ezért az anyák megmentőjének nevezték, mert a szülés során alkalmazta a klórmeszes fertőtlenítést. (3p)

Összesen: 28p

Eredmények

	Név	Évf.	Iskola	Felkészítő tanár	34 pont	38 pont	28 pont	100 pont
1.	Gyuró László	10.	Szt. Bazil Okt. Közp. Hajdúdorog	Dr. Pénzeli Péter	34	31	28	93
2.	Haraszi Rajmund	9.	Szt. Orsolya Róm. Kat. G. Sopron	Főző Mónika	34	35	23	92
3.	Szarvas Kata	10.	Budai Nagy Antal G. Budapest		26	38	26	90
4.	Virágh Eszter	10.	ELTE Apáczai G. Budapest	Villányi Attila	27	33	27	87
5.	Bozó Boglárka	10.	Bethlen G. G. Hódmezővásárhely	Fehérné Kis Gabriella	31	33	20	84
6.	Farkas Krisztina	9.	Szt. Orsolya Róm. Kat. G. Sopron	Főző Mónika	26	32	24	82
7.	Sándor Alexandra	9.	Németh László G. Budapest	Kovács Október	22	31	27	80
8.	Szilágyi Eszter	10.	Szt. Bazil Okt. Közp. Hajdúdorog	Dr. Pénzeli Péter	29	26	25	80
9.	Debreceni Tomazina	10.	Ady Endre G. Debrecen	Borsi Erzsébet	26	30	23	79
10.	Holló Beatrix	9.	Patrona Hungariae G. Budapest	Dr. Lázár Armand	26	29	23	78
11.	Breithofer Kitti	10.	Szt. Orsolya Róm. Kat. G. Sopron	Sántha Erzsébet	31	31	16	78
12.	Kiss Veronika	9.	Patrona Hungariae G. Budapest	Dr. Lázár Armand	30	29	17	76
13.	Mlaka Krisztina	10.	Pápai Ref. Koll. Pápa		22	26	23	71
14.	Lakatos Loránd	10.	Ady Endre G. Debrecen	Borsi Erzsébet	25	28	17	70

15.	Galló Eszter	9.	Patrona Hungariae G. Budapest	Dr. Lázár Armand	24	29	16	69
16.	Tóth Helga	10.	Krúdy Gyula G. Győr	Pöheimné Steininger Éva	29	31	8	68
17.	Steingart Ágnes	10.	Krúdy Gyula G. Győr	Pöheimné Steininger Éva	20	27	20	67
18.	Kurucz Ádám	10.	Ady Endre G. Debrecen		27	30	8	65
19.	Ménus Tamás	10.	Bethlen G. G. Hódmezővásárhely	Fehérné Kis Gabriella	17	23	17	57
20.	Zsigmond Regina	10.	Ady Endre G. Debrecen	Borsi Erzsébet	21	18	12	51
21.	Magyar Mercédesz	9.	Patrona Hungariae G. Budapest	Dr. Lázár Armand	21	15	14	50
22.	Nagy Nikolett	10.	Bethlen G. G. Hódmezővásárhely	Fehérné Kis Gabriella	22	14	9	45

Új idézetek**4. idézet**

„Nincs semmi nesz. Hallgatva várnak.

Jöttére a tudós tanárnak,
Ki a fekete könyvben olvas,
S kohán arannyá válik a vas.

Mi sors vár rád a csillagokban,
A csíziónál tudja jobban,
Bölcsek követ régóta bírja,
Nap-s holdfogyatkozást megírja.”

Az idézet Arany János Hatvani című verséből való melyben Hatvani Istvánt ilyen mágikus tulajdonsággal jellemezte.

Kérdések:

- ✓ 1. Kik voltak az alkimisták?

- ✓ 2. Sorolj fel legalább öt olyan anyagot vagy kémiai módszert, amit ők fedeztek fel vagy tökéletesítettek!
- ✓ 3. Sorolj fel legalább öt híres külföldi alkimistát!
- ✓ 4. Mi volt a bölcsek köve?
- ✓ 5. Magyarázd meg miért nem lehet kémiai módszerekkel mesterségesen aranyat előállítani!
- ✓ 6. Ki volt a versben szereplő Hatvani István?
- ✓ 7. Milyen negatív jelzőkkel illették Hatvanit? Vajon miért?
- ✓ 8. Írj minimum 5 olyan ismert művet, amely Arany János tollából származik!

5. idézet

„A köszén a tegnapi világnak kővé vált flórája.” (Jókai Mór: Fekete gyémántok)

Kérdések:

- ✓ 1. Melyik kémiai folyamatot írta le ilyen röviden, de mégis csodálatosan Jókai?
- ✓ 2. Hogyan zajlik ez a folyamat a valóságban?
- ✓ 3. A zöld növények képesek szervetlen anyagokból szerveset előállítani. Mi ez a folyamat? Jellemezd!
- ✓ 4. Mi az a zöld anyag, ami ebben a folyamatban szerepel? Mit jelent a neve, ki fedezte fel és mikor? A felfedezők milyen más anyagot izoláltak még más növényekből? Írj legalább hármat!
- ✓ 5. Ezzel a színes vegyülettel egy orosz zeneszerző is foglalkozott. Ki ő, és mi az operájának címe?
- ✓ 6. Ennek a zöld színanyagnak a vizsgálatát sokan végezték. Sorolj fel legalább kettőt, akik Nobel-díjasok!
- ✓ 7. Milyen vegyületcsoportba tartozik ez a vegyület? Milyen fém található a molekulában?
- ✓ 8. Van egy vitamin, aminek a szerkezetének egy része hasonlít a zöld színtest szerkezetének egy részletére. Melyik ez a vitamin és hogyan nevezzük ezt a részt?

6. idézet

- A nitroglicerint – folytatta a potrohos O Braien – itt van a szemünk előtt, tessék. Az íróasztalra helyezett üveget jobb kezébe fogta, s vigyázva válla magasságáig emelte.

- Ártalmatlannak látszik, de éppen ez a veszedelmes benne. Először is nyolcvan fokon bizonytalanná válik a halmazállapota, ami érthetőbben kifejezve azt jelenti, hogy a legkisebb semmiségtől is felrobban. És a legkisebb rázkódásra szintén. Nézzenek csak ide (...) Ugyanabban a szempillantásban húsz fej hajolt előre egészen egyformán. Az öreg egy kicsit megdöntötte az edényt. Néhány cseppnyi folyadék elérte az üveg szélét, és lecsurrant. Mikor a cseppek a fapadlóhoz értek, száraz ropogás hallatszott. Nyomukban apró porfelhők emelkedtek fel.” (Georges Arnaud: A félelem bére)

Kérdések:

- ✓ 1. Mindenki nitroglicerinként ismeri ezt a robbanóanyagot, de kémiailag nem helyes ez az elnevezés. Miért és mi a helyes elnevezés?
- ✓ 2. Ki fedezte fel ezt a vegyületet és mikor?
- ✓ 3. Írd fel a nitroglicerint keletkezésének egyenletét!
- ✓ 4. Mivel magyarázható a nitroglicerint és általában a robbanóanyagok feszítőereje?
- ✓ 5. Számold ki hány-szoros a térfogatváltozás a nitroglicerint robbanása során!
- ✓ 6. Miért kell robbantás során fojtást alkalmazni?
- ✓ 7. Milyen kapcsolat van az égés és a robbanás között?
- ✓ 8. Melyik világhírű svéd tudós nevéhez kapcsolható a nitroglicerint és miért?
- ✓ 9. Ez a tudós mivel szerzett világhírnevet magának?

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

Dobóné Tarai Éva

Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmainak fejlődése*

1. Bevezetés és célkitűzések

A természettudományos oktatás – ezen belül a kémia különösen – olyan gondokkal küzd, amelyek miatt az iskolai kémiaoktatás az esetek jelentős részében nem tudja teljesíteni azt a társadalmi elvárást, hogy a széles tömegek számára korszerű és használható tudást nyújtson. A rendkívül szerteágazó kérdéskör háttérben elsősorban a kémia nagyfokú absztrakciót igénylő vizsgálódási köre és sajátos nyelvezete áll, de gazdasági, társadalmi, munkaerő-piaci tényezők is szerepet játszanak a kémia tantárgy tanításának sikertelenségében és népszerűségvesztésében. A tanítás hatékonyságát közvetlenül befolyásoló tantervi, oktatásszervezési, módszertani és gyakorlati kérdések közül a dolgozat az

* A Szerzőnek a Debreceni Egyetem Kémia Doktori Iskolájában készített és január 28-án sikeresen megvédett doktori (PhD) értekezésének (témavezető: Dr. Tóth Zoltán) tézisei.

ismeretelsajátítási folyamattal, ezen belül a tanulási nehézségek okai között szereplő fogalmi megértéssel foglalkozik.

A dolgozat a fogalmi fejlődést konstruktív pedagógiai alapállásból szemléli, elfogadva azt a kiindulópontot, hogy a tanuló az ismeretelsajátítási folyamatban nem passzív befogadó, hanem aktív szereplőként önmaga hozza létre a tudását előzetes ismeretei talaján. Valódi tanulásról csak akkor beszélhetünk, ha az új fogalom beágyazódik a megelőző ismeretek hálójába és ott szerteágazó kapcsolatokkal rögzül. A kémiatanulás sikertelensége és a megértési nehézségek sok esetben abból fakadnak, hogy a tanuló fogalmi hálója, előzetes tudásának tartalma, vagy szervezettsége nem teszi lehetővé az új ismeret rögzítését, ami nagyon gyakran tévképzetek kialakulásához vezet.

A dolgozat célja, hogy a fogalmi fejlődéssel és a tévképzet-kutatásokkal kapcsolatos eddigi eredmények áttekintése mellett újabb adatokat szolgáltatson a fogalmi megértésről és annak zavarairól, elsősorban az alapszintű kémiaoktatásban szereplő fogalmakkal kapcsolatban. A tudástér-elmélet alapjain kidolgozott elemző eljárást felhasználva bemutatja, hogyan hasonlítható össze tanulócsoporthoz tudásszerkezete, és tanulási útjai, és javaslatokat tesz olyan diagnosztizáló eszközök lehetséges felhasználására, amellyel a tanulási folyamat optimalizálható. A dolgozat két empirikus vizsgálat eredményeiről és egy, a későbbiekben diagnosztikai céllal használható eszköz kipróbálásának tapasztalatairól számol be.

1.1. Kutatási kérdések

1.1.1. Iskolakezdők esetében:

Az első vizsgálat iskolakezdő gyerekek vízzel, a víz állapotaival és a víz tisztításával kapcsolatos előzetes tudását vizsgálta. Az egyéni fogalmi fejlettség megállapításán, valamint a tévképzetek detektálásán és kategorizálásán túlmenően új elemző eljárások felhasználásával földrajzilag és településtípust tekintve különböző tanulócsoporthoz tudásszerkezetének összehasonlítására is mód nyílt. A vizsgálat célja volt annak megállapítása:

- Hogyan értelmezik a vízzel kapcsolatos alapvető jelenségeket – halmazállapot változás, oldódás – az iskolai tanulmányaikat kezdő gyerekek?

- Megfigyelhető-e az előbbi fogalmak egymásra épülése, kialakul-e valamilyen hierarchia közöttük a gyerekek gondolkodásában?
- A tudástér-elmélet módszertani alapjain kirajzolódik-e egy tanulócsoporthoz tudásszerkezete a vizsgált témakörökben?
- Mutatkozik-e földrajzi különbség a nagyvárosi és fővárosi, valamint a magyar és német gyerekek vízzel kapcsolatos előzetes tudásának tartalmában és szerkezetében?
- Megfigyelhető-e a nemzetközi szakirodalomban leírt, kémiai alapfogalmakhoz kötődő gyermektudományos elméletek a hazai általános iskolások körében?
- Előfordulnak-e a vízzel, a víz szerkezetével és a víz állapotaival kapcsolatos tévképzetek az iskolakezdőknél?
- Megfigyelhető-e a tévképzetek előfordulása között kapcsolat, bizonyos hiedelmek valószínűsítik-e más tévképzetek előfordulását?
- A „Rostocki Modell” didaktikai koncepció alkalmas eszköz-e a tanulók tudományos fogalmi kialakításának elősegítésére?

Feltételeztem, hogy a gyerekeknek már a szervezett oktatás megkezdése előtt is van elképzelése a vízzel kapcsolatos jelenségek magyarázatára, ugyanakkor valószínűsíthető volt bizonyos tévképzetek felbukkanása. A tudásszerkezet-elemzéstől a tartalmi és a mennyiségi elemzésekkel kapott eredmények megerősítését, esetleg új aspektusok megjelenését vártam. A tanulócsoporthoz előzetes tudása különbözősége tekintetében nem voltak határozott várakozásaim.

1.1.2. Kémiai tanulmányaikat kezdők esetében:

A vizsgálat második része a kémiai tanulmányaikat éppen megkezdő 7-8. osztályos (12-15 éves) tanulókat érintette. A következő kérdésekre kerestem választ:

- Milyen előzetes ismeretekkel rendelkeznek az általános iskolai kémiai tanulmányaikat megkezdő gyerekek (elsősorban a 12-15 évesek) az égéssel, a tömegmegmaradással, az oldódással és a halmazállapot-változásokkal kapcsolatban?
- Megállapítható-e hierarchikus kapcsolat a vizsgált fogalmak között?

- Léteznek-e az egyes korosztályok fogalmi megértését jellemző tanulási utak?
- Milyen gyermektudományos elméletek élnek a magyar 9-15 évesek körében az égéssel, a gázokkal, a halmazállapot-változásokkal, az oldódással és a tömegmegmaradással kapcsolatban?
- Milyen szinten áll az anyagi változások mennyiségi viszonyainak megértése, tisztázódott-e a tömeg, a térfogat és a sűrűség fogalmának különbsége?

Az alpmérést kiegészítette egy olyan vizsgálat, amely kész, a szakirodalomban már ismertett tévképzetekkel szembesítette a tanulókat. A fogalmi fejlődés tendenciái megismerése érdekében kis létszámú fiatalabb (9-12 éves) és idősebb (16-17 éves és felnőtt) csoportot is megvizsgáltam, a következőkre keresve a választ:

- Megfigyelhető-e valamilyen összefüggés a tévképzetek megjelenése és az életkor, a nem, a kémia iránti attitűd és a kémia órai eredményesség között?
- Érvényesül-e a tévképzetek kapcsoltága, várható-e, hogy bizonyos típusú tévképzetek előfordulása valószínűsíti más tévképzetek megjelenését?
- Mennyire következetesek a gyerekek a tévképzeteikben, vagy az eltérő kontextus ugyanazzal a jelenséggel kapcsolatban más tévképzeteket mozgósít?

Feltételeztem, hogy a vizsgált fogalmakkal kapcsolatban a magyar gyerekeknek is megfigyelhető tévképzetek, de számuk az életkorról és a tanulmányaik előrehaladtával csökken, vagy legalább tartalmilag módosul. Gyakorlati tapasztalataim alapján a mennyiségi fogalmakkal kapcsolatos nehézségekre számítottam és feltételeztem, hogy a tévképzetek megjelenése nem véletlenszerű, hanem bizonyos típusok valószínűsítik mások előfordulását. Feltételeztem továbbá, hogy a tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezet visszatükrözi a mennyiségi és tartalmi elemzés alapján megállapított megértési nehézségeket.

2. A vizsgálat módszerei

2.1. Adatfelvétel, minta

2.1.1. Iskolakezdők esetében:

Az első vizsgálat egy jelenleg is zajló nemzetköz projekt, „A tanulás folyamatának vizsgálata a természettudományos és gyakorlati ismeretek elsajátításában kisiskolás tanulóknál” című együttműködés keretein belül történt. A kísérletekkel egybekötött strukturált interjúkat 2004 őszen vettük fel két budapesti, egy debreceni és egy rostocki tanulócsoporthoz, összesen 92 iskolakezdő esetében. A kísérletek és az interjú kérdései a víz halmazállapotainak, halmazállapot-változásainak megértését és a víztisztítási eljárásokkal kapcsolatos tájékozottságot vizsgálták.

2.1.2. Kémiai tanulmányaikat kezdők esetében:

A második vizsgálat több részből állt, és időben is szakaszolva történt. A vizsgálat vázát alkotó nagymintás mérést 2002 őszen végeztem Budapest XIII. kerületének 14 általános iskolájában, összesen 1032 hetedik-nyolcadik osztályos tanulóval. A tanulók „A” és „B” változatban elkészített nyíltvégű kérdéseket tartalmazó feladatlapot oldottak meg, amellyel a gázok viselkedésének, az égés, és az oldódás folyamatainak és a hozzájuk kapcsolódó mennyiségi viszonyoknak a megértését vizsgáltam. A vizsgálat második szakaszában, 2005 tavaszán egy XIII. kerületi általános iskola negyedik-ötödik-hatodik osztályos tanulóinak (összesen 103 fő) tettem fel ugyanezeket a kérdéseket annak érdekében, hogy világosabban kirajzolódjanak az életkorokon áthúzódó megértési nehézségek. Az utolsó adatfelvétel 2007 tavaszán történt, három XIII. kerületi általános iskola hetedikesei és nyolcadikosai, az egyik általános iskola egyik ötödik osztálya, valamint egy gimnázium hetedikesei és tizedekesei, összesen 150-en vettek részt a vizsgálatban. Olyan állításokról kellett véleményt alkotniuk, amelyek egy része a szakirodalomban bemutatott tévképzet volt. A vizsgálatba bevontam 19 nem szakértő felnőttet, olyan tanárokat, akik között előfordult ugyan természettudományos tantárgyat tanító (fizika, biológia, földrajz), de egyikük sem volt kémia szakos. A vizsgálatnál szerettem volna kideríteni, hogy a problémafeladatokban felmerülő tévképzeteket közvetlen találkozások alkalmával is „felvállalják-e” a gyerekek, előfordulnak-e

olyan megértési nehézségek és tévképzet típusok, amelyek rendszeresen együtt fordulnak elő, valamint, lehetséges-e ilyen módon összeállított kérdőívvel, mint gyors teszttel a csoportok adott témával kapcsolatos tévképzeit diagnosztizálni. A feladatlapokon szereplő háttérváltozók alapján életkori, nemi és attitűdbeli különbségek alapján összehasonlításokra nyílt lehetőség.

2.2. Az értékelés módszerei

Az adatok feldolgozása minden korcsoport esetében több szinten történt. A tartalmi elemzést kiegészítette a mennyiségi értékelés és a csoportok összehasonlítása statisztikai módszerek segítségével. Az egyéni eredményekből következtetni lehetett az egyes tanulók megértési szintjére, de a tudástér-elmélet elvi alapjain kifejlesztett tudásszerkezet-elemzéssel a tanulócsoporthoz más jellegű összehasonlítására is lehetőség nyílt. Minden csoport és téma esetében meghatároztam az adott csoportra jellemző tanulási utat, amely kifejezi, hogy az adott témakör fogalmi mennyire könnyűek, vagy nehezek a gyerekek számára a fogalmak hierarchiában elfoglalt helyétől, illetve a tanulók előzetes tudásától függően.

3. Új tudományos eredmények

3.1. Iskolakezdők vízhez kötődő fogalmaival kapcsolatban

3.1.1. *A párolgás jelenségének gyermeki értelmezése összecseng a nemzetközi tapasztalatokkal.*

Az a mód, ahogyan a gyerekek a nedves tenyérnyomat eltűnését magyarázzák, közvetett információkat szolgáltat az anyagszemléletük fejlettségéről és az anyagmegmaradással kapcsolatos elképzeléseikről. Az általam vizsgált korosztály átmenetet képvisel a „víz eltűnik, megsemmisül” típusú felfogás és a tömegmegmaradás kezdeti elfogadását képviselő, „beszívódik” típusú magyarázatok között. A 11 évesekre jellemző, a színtelen gázok létezését elfogadó magyarázat nyomai csak két esetben voltak felfedezhetőek.

3.1.2. *Az oldódás folyamatának értelmezése a hazai kisdíjak körében is az „eltűnik, vízzé válik, elolvad, feloldódik és láthatatlan részecskék formájában az oldatban van” lépéseken keresztül fejlődik.*

A strukturált interjú módszere alkalmas volt arra is, hogy a gyerekek gondolkodásmódjába bepillantást nyerjünk. A hibásan használt elolvad kifejezés mögött például, a megkérdezettek egyharmadánál az oldódás helyes értelmezésére derült fény a szóbeli magyarázat alapján.

3.1.3. Az anyag szerkezetéről alkotott gyermeki elképzelések viszonylag koherens hátteret biztosítanak a különböző jelenségek értelmezésénél.

Bár egyes gyerekek bizonyos problémákat az anyag folytonos modellje alapján, míg másokat makro-részecske szemlélettel oldottak meg, a többség inkább az egyik, vagy a másik csoportba volt sorolható. A vizsgált tíz probléma-pár közül hét esetben valószínűsíthető volt a magyarázat várható típusa. Aki például az oldódást makro-részecske szinten értelmezte, nagy valószínűséggel a szűrés folyamatát is ilyen alapállásból közelítette meg. A kialakulatlan fogalmi keretből az eltérő helyzetekben más-más hiedelmek, magyarázatok, általánosított tapasztalatok kerültek a felszínre, amelyek ellentmondhattak ugyan a tudományos álláspontnak, de a válaszok mégis egy fajta belső koherenciával rendelkeztek.

3.1.4. A víz állapotai témakörben a tartalmi, a mennyiségi és a strukturális elemzések eredményei nem mutattak lényeges eltérést a földrajzilag különböző csoportok között.

3.1.5. A tudásszerkezet-elemzéssel kapott eredmények összhangban vannak a tartalmi és a mennyiségi elemzés eredményeivel.

A tudásszerkezet-elemzés alkalmas eszköznek bizonyult arra, hogy betekintést nyerjünk a tanulási folyamatba, megállapítsuk, hogy egy-egy tanulócsoporthoz milyen tanulási utat jár be és tagjai milyen sorrendben sajátítják el a fogalmakat. A tanulási utak alapvető jellemvonásaikban hasonlóságot mutattak. Mindegyik csoport tanulási útja a jég olvadása értelmezésével kezdődött, majd a különböző anyagok oldása következett. Mindhárom szintű elemzés a párolgás fogalmának megértési nehézségeit mutatta ki, és mind a négy csoport esetében ez mutatkozott a kritikus feladatnak is, annak a tudáselemnek a vizsgált tudástérben, amelyik további tárgyalása, megbeszélése a legnagyobb haszonnal kecsegtet, mert a tanulók legnagyobb arányban ennek a befogadására voltak felkészülve.

3.1.6. A tanulók kognitív struktúrájában a tudáselemek hierarchikus kapcsolatban vannak egymással.

A víz tisztítása témakörben a mennyiségi- és strukturális elemzések is a tanulócsoporthoz kapcsolódó előzetes tapasztalatok eltérése miatt. Ugyanakkor, mindegyik tanulócsoporthoz esetében a talajjal szennyezett víz megtisztítására vonatkozó tudáselemre hierarchikusan ráépül a tiszta víz tisztításához kapcsolódó tudáselem. Ahhoz tehát, hogy a tanuló érdemi javaslattal élhessen a tinta eltávolítására, értenie kell a talajjal szennyezett víz megtisztításának elvi hátterét.

3.1.7. A „Rostocki Modell” didaktikai koncepció alkalmas eszköznek bizonyult a tanulók tudományos fogalmainak kialakítására

A „Rostocki Modell” didaktikai koncepció alapján tervezett és megvalósított tanítási egység statisztikailag mérhető hatást gyakorolt az első osztályosok vízzel kapcsolatos gondolkodásmódjára. A tanítás előtt a vízzel kapcsolatban a tanulók általában hétköznapi fogalmakat használtak, míg a tanítás után megjelentek a tudományos fogalmak is, bár vagy teljesen elkülönülten, vagy úgy, hogy a tudományos fogalmak a hétköznapiakra épültek rá.

3.2. Kémiai tanulmányaikat kezdők anyagszerkezetéhez, anyagi változásokhoz kötődő fogalmaikkal kapcsolatban

3.2.1. A nemzetközi és hazai irodalomban leírt tévképzetek az általam vizsgált 9-15 éves magyar diákok körében is megjelentek. Új tévképzet-típusokat nem, de egyedi megfogalmazásokat találtam („...táplálékát a tűz kinyerte”)

3.2.2. A fiatalabb és idősebb diákok nem különböznek a tévképzetek számát tekintve, de eltérés mutatkozott a tévképzetek tartalmában és kidolgozottságában.

A vizsgált kérdésekhez kapcsolódóan minden korosztályban átlagosan 1,8 darab tévképzet jutott minden tanulóra. A gyerekek kétharmadának legalább egy-két tévképzete volt, mindössze egy tizedüknél nem derült fény tévképzet jelenlétére. A fiatalabbak gyermektudományos magyarázatai egyszerűbbek és kevesebb eleműek, az idősebbekében jól felismerhetők a bővülő ismeretek. Hibás válaszaiknak is csak egy része tévképzet, számos esetben a tanulási folyamatból adódó átmeneti állapot következménye.

3.2.3. *A vizsgált korosztályban kimutatható a gázok viselkedésével, szerkezetével és mennyiségi viszonyaival kapcsolatos fogalmi fejlődés. Az eredmények többségükben a nemzetközi adatokhoz hasonlóak.*

Az arisztotelészi folytonos anyagképtől a flogiszonista elképzéseken keresztül a kialakulóban lévő részecskeszemléletig a fogalmi fejlődés nagyon eltérő szintjein állnak ugyanannak a tanulócsoporthoz a diákjai. A pedagógiai gyakorlat számára kikerülhetetlen az előzetes tudás feltárása és a differenciált munkaformák alkalmazása. A gázok anyagként való elfogadásával kapcsolatban a Séré (1985) adataihoz hasonló arányokat figyeltem meg. Mindkét vizsgálatban a megkérdezettek fele gondolta úgy, hogy a levegő összenyomásával a tömege csökkenni fog. A gázok részecskeszemléletű értelmezését Novick és Nussbaum (1978) eredményeihez képest kisebb mértékben tapasztaltam. Az általuk vizsgált 14 évesek kétharmada mutatott részecskeszemléletet, míg az általam vizsgált csoportnak mindössze egynegyede.

3.2.4. *A mennyiségi fogalmak (tömeg, térfogat, sűrűség, töménység) használatában nagyon sok bizonytalanság tapasztalható.*

A 6-11 évesek többsége nem tud különbséget tenni a fenti fogalmak között, és nem érti a közöttük lévő összefüggéseket. A 12-14 évesek még mindig bizonytalanok a használatukban, gyakori, hogy egymás szinonimájaként tüntetik fel a válaszaikban. Pontos megértésükhöz a megfelelő anyagszemlélet kialakulása nélkülözhetetlen.

3.2.5. *A tanulók gondolkodásában kimutatható a gázokkal kapcsolatos fogalmak hierarchikus kapcsolata.*

A gázok mennyiségi viszonyaival, a levegő anyagként való elfogadásával, a gázhalmazállapot értelmezésével és a felfúj- és leeresztett kerékpárgumiban lévő levegő légzési gázként való azonosításával kapcsolatban nem véletlenszerűen bukkannak fel tévképzetek, mert a problémák megértéséhez szükséges fogalmak hierarchikusan egymásra épülnek. Az a tanuló, aki a levegőt (színtelen gázokat) nem tekinti anyagnak, mennyiségi fogalmakat (tömeg, térfogat) sem rendel hozzá, tehát nem tudja helyesen megoldani az ehhez kapcsolódó problémákat. A mennyiségekre vonatkozó kérdések indikátorként viselkedtek, az ezekre adott hibás válaszok egyéb megértési nehézségeket is valószínűsítettek.

3.2.6. *A vizsgált témakörök esetén a 12-15 évesek körében kimutatható a tévképzetek együttes előfordulása.*

Azokra a gyerekekre, akik esetében az égéssel kapcsolatban gyermektudományra utaló jelek tűntek fel, inkább volt jellemző az oldódás mennyiségi viszonyaival és a levegő anyagként való elfogadásával kapcsolatos tévképzet is.

3.2.7. *Mennyiségi szempontból a 12-15 évesek statisztikailag jobb eredményt értek el, mint a fiatalabbak, a lányok és a fiúk teljesítménye és tévképzeteik száma között nem volt kimutatható különbség. A megjelenő tévképzetek száma és a teljesítmények között azonban – várakozásaimnak megfelelően – szoros, negatív összefüggés mutatkozott.*

3.2.8. *A tudásszerkezet-elemzés alkalmas eszköznek bizonyult a tartalmi és a mennyiségi elemzések kiegészítésére.*

Mindkét életkori csoport esetében meghatározható volt egy-egy, a csoportra jellemző tanulási út. A tanulási út elejére azok a feladatok kerültek, amelyek a mennyiségi elemzés alapján is könnyebbnek bizonyultak (papír égésének alapszintű értelmezése könnyű, mennyiségi viszonyok megértése nehezebb, színtelen gázok részecskeszemléletű ábrázolása a legnehezebb) és ezekhez kevesebb tévképzet is társult. Ugyanakkor segítségével a fogalmak hierarchikus kapcsolata is kimutatható volt. A tanulócsoporthoz mennyiségi elemzéssel kimutatható különbségét a tudásszerkezetek aszimmetrikus felépítése is alátámasztotta.

A tévképzeteket vizsgáló II. feladatlap elemzése alapján a következő megállapításokat tettem:

3.2.9. *Az életkor előrehaladtával csökkent a tévképzetek száma, de a felnőttek esetében is megfigyelhetők tévképzetek (a tizedikesekéhez hasonló számban és tartalommal).*

3.2.10. *A tévképzetek mennyiségét a kémiai tanulmányaikat kezdők (13-15 évesek) körében nem befolyásolta a megkérdezettek neme, és a kémiához kötődő továbbtanulási tervek megléte, vagy hiánya.*

3.2.11. *A kémia és a fizika tantárgyak kedveltsége és a tévképzetek száma között statisztikailag kimutatható negatív összefüggés mutatkozott.*

3.2.12. *A vizsgált témakörök között alig volt különbség a tévképzetek gyakoriságát tekintve, ami azt jelentheti, hogy a tévképzetek megléte általában nemcsak egy konkrét fogalomhoz köthető, hanem az anyagi világ értelmezésének egyfajta téves szemléletmódját jelzi. Sikerült*

kimutatnom „tévképzet-családok”-at: a folyékony halmazállapot megértésével kapcsolatos tévképzetek például erősen valószínűsítették a szilárd anyagok szerkezetéhez és tulajdonságaihoz kötődő tévképzetek meglétét, illetve az anyagi részecskék hibás értelmezését.

Ennek részben ellentmond az a nemzetközileg is ismert és általam is tapasztalt tény, hogy a fragmentált tudáselemek bizonyos hívószavak hatására bukkannak felszínre a formálódó és képlékeny fogalmi szerkezetből. Bizonyos fogalmakat egyes szövegkörnyezetben helyesen használt ugyanaz a tanuló, még eltérő kontextusban nem.

3.2.13. A tartalmi elemzésből kiderült, hogy az anyagi változások elsajátításának kulcsa az anyagi részecskék és az anyagszerkezet fogalmának megértése. Az ez alapján kialakulatlan anyagszemléletű és nagyobb mértékben részecskeszemléletű csoportokat összehasonlítva az inkább részecskeszemléletű csoport statisztikailag jobb eredményt ért el a feladatlapon, kevesebb tévképzettel rendelkezett, a tudásszerkezete a magasabb szinteket reprezentáló tudáselemekben gazdagabb volt, a tanulási útja eltért a kezdetlegesebb anyagfelfogású csoportétól és az éppen lejátszódó fogalmi váltásokat sejtető átmeneti állapotot tükrözte.

4. Az eredmények alkalmazási lehetőségei

A természettudományos tárgyak tanításánál különösen érvényes Ausubel megállapítása: „A tanuló tudását befolyásoló legfontosabb tényező az, amit már tud. Meg kell ismerni azt, és a szerint kell tanítani.” A kémia tanár elemi érdeke, hogy tisztában legyen tanítványai anyagi világról alkotott elképzeléseivel, magyarázórendszereivel, esetleges tévképzeteivel, hiszen e nélkül a tudás nélkül csak bizonytalan talajon álló, átmeneti építményeket tudunk létrehozni tanítványaink tudásszerkezetében.

Előbbiek a kémia tanár-társadalom szemléletváltását és módszertani megújulását igénylik. Amennyiben a kutatásaimban használt tájékoztató jellegű mérőlapok, kérdőívek, vagy interjúvázlatokhoz hasonló, de tematikusan csoportosított, kipróbált, értékelt, standardizált eszközök állnak a tanárkollégák rendelkezésére, napi gyakorlattá válhat, hogy egy-egy új fogalom bevezetése előtt rutinszerű eljárással tájékoztadjunk tanítványaink előzetes tudásáról, és ennek ismeretében

tervezzük meg a tanítási folyamatot. Az olyan új oktatástechnikai eszközök, mint az interaktív tábla és a hozzájuk tartozó szavazóegységek várható és ígért gyors elterjedésével még a tanári feladatok sem nőnek aránytalan mértékben, hiszen nem kell bajlódniuk a kérdőívek javításával, azonnali visszajelzést kapunk nemcsak az osztályról általában, hanem az egyénekről is, külön-külön. A következő óra tervezésénél ennek ismeretében választhatjuk ki azt a didaktikai eszközt, amely legjobban illeszkedik az adott tanulócsoporthoz, és a megtanítandó fogalom természetéhez, és amely alkalmasnak tűnik a fogalmi váltások generálására.

Évek óta a „levegőben van”, és a tanár társadalom egy része (messze nem általánosan) már érti és elfogadja aényt, hogy a tanárszerep átértékelődik, a tudás egyedüli birtokosa szerepet – bármennyire is fájó – fel kell adnunk. Szerencsére az új tantervi irányzatok a kompetencia alapú oktatást helyezik előtérbe, és ez kedvez a konstruktivista törekvéseknek. A szociális kompetenciák fejlesztésére például alkalmas lehet egy olyan óra eleji csoportos megbeszélés, vagy vita, amelyben egy előzetesen feltárt, a csoportra jellemző tévképzethez kapcsolódóan a tanár provokatív kísérlettel, vagy problémafeladattal stimulálja a tanulókat a vélemények artikulálására, ütköztetésére, érvelésre. Mindezt úgy szervezi, hogy elősegítse a fogalom tudományos igényű megértését és a fogalmi váltást.

A gyakorlati pedagógia számára hasznos információkkal szolgálhat egy olyan módszer alkalmazása is, amely nem elsősorban az egyéni teljesítményeket méri, hanem a tanulócsoporthoz pillanatnyi felkészültségéről, előismereteiről tájékoztatja a tanárt. A vizsgálatomban alkalmazott tudástér-elmélet segítségével képet kaptam a tanulócsoporthoz tartozó tudásszerkezetéről, a fogalmak elsajátításának lehetséges sorrendjéről, a tanulócsoporthoz által bejárt tanulási útról. A válaszok strukturális elemzése eredményeiből következtethetünk a fogalmak megértésének szintjére, a fogalmi hálózatba ágyazottságának mértékére. A tanulók válaszait összehasonlítva egy, a feladatok egymásra épültségét feltételező szakértői hierarchiával kiderül, melyik az a feladat, vagy tudáselem, amely a továbbiakban leggazdaságosabban tárgyalható, vagyis aminek befogadására a tanulócsoporthoz előzetes ismeretei alapján leginkább felkészült. A módszer segítségével a tanítási folyamat optimalizálható, hiszen elkerülhetjük a mindenki számára ismert fogalmak túlbeszélését, vagy olyan téma tárgyalását, amelynek elsajátítására megfelelően rögzített előismeretek hiányában a csoport még nem alkalmas. A módszer jelenlegi

állapotában még kissé nehézkes, további feladat lehet alkalmassá tenni a gyakorlati felhasználásra.

Kutatásaim számos újabb kérdést vetettek fel, amelyek egy részének megválaszolására hipotéziseket alkottam, mások nyitva maradtak és a kutatások jövőbeni folytatására várnak.

5. Tudományos publikációk

Referált, nemzetközi folyóiratban megjelent tudományos közlemények adatai

1. Ilona K. Schneider, Franz Oberländer, Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ibolya Revákne Markóczi

Natural scientific learning in primary schools: The Rostock Model

Practice and Theory in Systems of Education, Vol. 1. No. 2. (2006) pp. 1-23.
(<http://eduscience.fw.hu>).

2. Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

1st Graders prior knowledge about water: Knowledge Space Theory applied to interview data

Journal of Science Education, Vol. 8. No. 2. (2007) pp. 116-119.

3. Ibolya Markóczi-Revák, Beáta Kosztin-Tóth, Zoltán Tóth, Éva Dobó-Tarai, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

Effects of applying the Rostock Model on metacognitive development of pupils

Journal of Science Education, Vol. 9. No. 2. (2008) pp. 94-99.

4. Zoltán Tóth, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer, Éva Dobó-Tarai

Effect of instruction on 1st graders' thinking patterns regarding the description of water with every day and scientific concepts

Practice and Theory in Systems of Education, Vol. 3. No. 1. (2008) pp. 45-54.
(<http://eduscience.fw.hu>).

Referált, magyar nyelvű folyóiratban megjelent közlemény:

1. Dobóné Tarai Éva

Általános iskolai tanulók tudásszerkezete

Iskolakultúra. 17. évfolyam, 7-8. szám (2007) 119-131.

Nem referált folyóiratokban megjelent közlemények

1. Dobóné Tarai Éva

Gyermektudományos elméletek az égéssel kapcsolatban

Középiszkolai Kémiai Lapok, XXXI évfolyam, 2. szám (2004) 186-194.

2. Dobóné Tarai Éva

Tanulói elképzelések az anyag részecsketermészetével kapcsolatban

Középiszkolai Kémiai Lapok, XXXI. évfolyam, 3. szám (2004) 285-296

3. Dobóné Tarai Éva

Oldódás - ahogy a gyerekek látják

Középiszkolai Kémiai Lapok, XXXI. évfolyam, 4. szám (2004) 352-361

4. Dobóné Tarai Éva

Kémiai fogalmak és gyermektudományos elméletek

A Kémia Tanítása, 13. évfolyam, 2. szám (2005) 12-19.

Konferenciákon tartott előadások:

1. Dobóné Tarai Éva, Tóth Zoltán:

Az égéssel, tömegmegmaradással, és az anyag részecske-természetével kapcsolatos gyermektudományos elméletek vizsgálata

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 78-79. o.)

2. Dobóné Tarai Éva:

A „lélegző biciklikerek”, avagy mi van a leeresztett kerékpárgumiban?-természettudományos fogalmak és gyermektudományos elméletek

IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 307. o.)

3. Dobóné Tarai Éva

States of water- Knowledge Space Theory- 1st graders knowledge structure about water and change of water

Angol nyelvű előadás a project megbeszélésen (Rostock, 2005.)

4. Dobóné Tarai Éva

Az anyag állapotával kapcsolatos fogalmak fejlődésének interjúkon alapuló vizsgálata

V. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2005. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 158. o.)

5. Dobóné Tarai Éva, Tóth Zoltán, Revákne Markóczi Ibolya, Ilona Schneider, Franz Oberländer

Anyagi halmazokkal kapcsolatos fogalmak vizsgálata

XXII. Országos Kémiatanári Konferencia, Veszprém, 2006. (Előadásösszefoglalók, 46.o.)

6. Dobóné Tarai Éva

Általános iskolás tanulóknak az anyaggal és változásaival kapcsolatos tudásszerkezete

VI. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2006. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 136.o.)

7. Dobóné Tarai Éva

Természettudományos fogalmakhoz kötődő alternatív tanulói elképzelések diagnózisa

VII. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 202.o.)

8. Revákné Markóczi Ibolya, Tóth Zoltán, Dobóné Tarai Éva

Kisiskolások természettudományos gondolkodásának vizsgálata – a Rostocki Modell

VII. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 73.o.)

9. Tóth Zoltán, Revákné Markóczi Ibolya, Dobóné Tarai Éva, Ilona K. Schneider, Franz Oberlaender:

A tanítás hatása az elsősztályos tanulók vízzel kapcsolatos fogalmi rendszerére

I. Miskolci "Tanít-tani" Konferencia, Miskolc, 2008. (Előadásösszefoglalók, 74. O.). (www.uni-miskolc.hu/~btntud/imtk.pdf)

Konferenciákon bemutatott poszterek:

1. Dobóné Tarai Éva:

Az anyag részecsketermészetével kapcsolatos gyermektudományos elméletek vizsgálata.

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004 (Előadásösszefoglalók, 154. o.)

2. Dobóné Tarai Éva

A tömegmegmaradással kapcsolatos gyermektudományos elméletek

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 155. o.)

3. Dobóné Tarai Éva

„...Könnyebb, mert a tűz táplálékát kinyerte” - Az égéssel kapcsolatos gyermektudományos elméletek

XXI. Országos Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadásösszefoglalók, 156. o.)

4. Dobóné Tarai Éva, Dr. Tóth Zoltán

Anyagi halmazokkal kapcsolatos fogalmak tudásszerkezete

XXII. Országos Kémiatanári Konferencia, Veszprém, 2006. (Előadásösszefoglalók, 83.o.)

5. Éva Dobó-Tarai, Zoltán Tóth, Ibolya Revák-Markóczi, Ilona K. Schneider, Franz Oberländer

A study of 1st graders' prior knowledge about water using interview based knowledge space theory

8th European Conference on Research in Chemical Education, Budapest, 2006. (Book of abstracts, p. 134.)

A kutatást az OTKA (T-034288, T-049379) és a MÖB-DAAD (Projekt No. 20 és 28) támogatta.

„Határtalan kémia...”



Dr. Szalay Luca

Angol vendéglőadók a XXIII. Kémia tanári Konferencián (III. rész)

A XXIII. Kémia tanári Konferencia idejét, helyét és programját tekintve is több ponton kapcsolódott a 40. Nemzetközi Kémiai Diákolimpia eseményeihez. Az a tény, hogy mindkettő Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen zajlott 2008. júliusában, többféle (a résztvevő kollégáktól kapott reakciók alapján igen szerencsés választásnak bizonyult) programpontra is lehetőséget adott. Így, az olimpia gyakorlati feladatainak kipróbálásán túl, a magyar kémia tanárok három olyan angol vendéglőadó által tartott előadást is meghallgathattak, akiknek munkája szorosan kapcsolódik a kémia oktatásához, ill. népszerűsítéséhez. Azok kedvéért, akik nem lehettek jelen a konferencián, az ő mondanivalójuk lényegének magyarra fordított és szerkesztett változata olvasható ebben a tanévben a KÖKÉL három különböző számának „Határtalan kémia” rovatában.

Peter Wothers:

Hogyan tegyük a jövő vegyészeit elkötelezetté a kémia iránt?

Előadásommal egy olyan irányú felkérésnek teszek eleget, hogy foglaljam össze azokat a különféle projekteket, amikben részt vállaltam, s amelyek közös célja a fiatalok kémia iránti érdeklődésének felkeltése. Azonban kötelességemnek érzem felhívni a figyelmet arra, hogy én magam nem vagyok a tanításmódszertan szakértője, egyszerűen csak nagyon élvezem,

ha beszélhetek a tantárgyamról és megpróbálhatom megértetni másokkal, hogy mit is találok én olyan elbűvölőnek a kémia csodáiban.

Ez a bemutató három területet ölel fel azok közül, amikben én eddig részt vettem – a nyilvános és kísérleti bemutatókkal egybekötött előadásokat, a kémia iránt közömbös gyerekek érdeklődésének fölkelését célzó TV show műsort, és végül a Nemzetközi Kémiai Diákolimpia Egyesült Királyságban zajló (nemzeti) fordulót.

Kísérletek bemutatásával egybekötött előadások

Engem először 8 éves korom körül érintett meg a kémia. Elbűvölt az olyan egyszerű kísérletek otthoni elvégzése, mint a kristályok növelése és a réz vasszöggre való kiválása. Hamarosan már saját kísérleti eszközeim voltak, s ezek az évek során egy igazi kis otthoni laboratóriummá szaporodtak, amit a szüleim farmjának egyik épületében rendeztem be. Mivel a saját elkötelezettségem ilyen fiatalon alakult ki, ezért elsősorban ez az a korosztály, akiket a Cambridge-i Tudományos Fesztivál demonstrációs előadásával megcélzok.

Ez a Tudományos Fesztivál egy olyan egyhetes eseménysorozat, amit minden év márciusában rendeznek meg Cambridge-ben. Hasonló összejevetelt ugyan sokfelé szerveznek az Egyesült Királyságban, de ezek között a Cambridge-i Fesztivál a legnagyobb ingyenes rendezvény, ami évente a látogatók tízezreit vonzza, akik mind azért jönnek el, hogy részt vegyenek az erre az időszakra szervezett egyes eseményeken.

A Kémia Tanszéknek ilyenkor mindig van egy Nyílt Napja. Ennek keretében sok olyan kísérletet ajánl, amiben az egészen fiatal gyerekek is részt vehetnek, s egy olyan kísérletes bemutató előadást is, amit jómagam tartok. Mivel sok család évről-évre visszatér, megpróbálok minden egyes alkalommal változtatni a bemutatón. Az utóbbi néhány évben el kezdtük DVD-re írni az ezekről az előadásokról készült felvételeket. Az utóbbi négy év bemutatói a következőkről szóltak:

2008: „Szabadon nevelt kémia – vegyi anyagok hozzáadása nélkül!” Ez az előadás azt szándékozott bizonyítani, hogy egész világunk „vegyeszekből” épül fel, és hogy - sok ember vélekedésével ellentétben - ezek a vegyi anyagok teljesen természetesek.

Az előadás számos izgalmas kísérlet bemutatásából áll, de minden egyes esetben természetes forrásból származik az összes vegyi anyag. Ide tartozik a Bunsen-égő működtetése egy izzó széndarabbal, ércok redukálása fémek kinyerése céljából, ammónia előállítás szarvasagancsból és robba-

nópor készítése fahamuból nyert kálium-karbonátból, istállófalról lekapart salétromból és vulkáni kénből.

2007: „*Ez gáz!*” Ez az előadás betekintést nyújt a légkörünkben lévő különböző gázok kémiai tulajdonságaiba. Olyan drámai bemutatókat tartalmaz, amik illusztrálják, hogyan nyerünk energiát az élelmiszereink oxigénnel való reakciójából; miről szól az üvegházhatás, és hogyan védhetjük a környezetet; miért olyan reakcióképtelen a nitrogén, továbbá ennek a légkörünk védelmére vonatkozó következményeiről, valamint az autók légszákjaiban játszott életmentő szerepéről.

2006: „*A fény kémiája*” Ez a bemutató a kémia fény előállításában játszott szerepét vizsgálja, azt kutatva, hogy hogyan lehet a periódusos rendszer elemeinek jóval több, mint a felét – a hidrogéntől a tóriumig – ilyen- vagy olyan módon erre a célra használni. Az előadás történeti megközelítést alkalmaz, és taglalja a szén fontosságát a lámpaalajokban, a magnézium és más fémek használatát villanófény előállítására a fényképészet hőskorában, különféle típusú villanykörték előállítását izzószálakból, valamint lámpák és fluoreszcens fénycsövek kisütését.

2005: „*Csak adj hozzá vizet!*” Ez az előadás a Földünkön előforduló legközönségesebb anyag – a víz – néhány elképesztő tulajdonságára világít rá. A demonstrációhoz hozzá tartozik annak bemutatása, hogy miként okozhat egy cseppnyi víz tüzet, miért nem oltható el az égő olaj vízzel, miért nem lehet rendesen megfőzni egy tojást a *Mount Everest* tetején, s még annak magyarázata is, hogy miért kék a víz (és a nehézvíz pedig miért nem).

Az összes ilyen előadás nagyon „pörgős” és tele van kísérleti bemutatókkal. A természettudomány határozottan megjelenik bizonyos egyszerű kémiai egyenletek formájában, melyek általában inkább szavakkal vannak leírva, mint vegyjelekkel. Az elsődleges cél a gyerekek érdeklődésének fölkelése a kémia iránt, de a felnőtteket is megpróbáljuk megnyerni. Végére is a felnőttek azok, akiknek minden évben el kell hozniuk a gyerekeket. Az a benyomásom, hogy a felnőttek megfelelően találják a megközelítések és magyarázatok szintjét, és hogy ők is sok dolgot megtanulnak a természettudományokról a bemutatók alatt. Egészen elképesztő, hogy mennyi alapvető fogalommal kapcsolatban élnek téveszmék a közvéleményben, ide értve például, hogy mi egy kémiai elem, és hogy mi az üvegházhatás lényege.

Azért, hogy a hallgatóság létszámát szabályozni tudjuk, az ingyenjegyeket csak kérésre adjuk ki. Évente több mint 3000 embernek tartjuk meg az

előadást, s közülük sokan igen messziről utaznak oda. Jónéhány levelet örzök, amelyekben a szülők azt írják le, hogy mennyire izgalmasnak találják a gyerekeik a természettudományokat.

Ez a reakció meglehetősen éles ellentétben van egy olyan projektnek a kimenetelével, amiben az elmúlt évben vettem részt. Ennek során azért mentem egy igen hátrányos helyzetben működő iskolába, hogy megpróbáljam 13 éves fiatalok tizenkilenc főnyi csoportjának érdeklődését fölkelteni a természettudományok iránt.

A „Nagy Kísérlet” TV sorozat

Ez a sorozat azért született, mert a természettudomány már egészen egyszerűen nem olyan vonzó az iskolások számára, mint régebben. Ennek egyik oka az lehet, hogy sok iskolában már nem engedik meg a gyerekeknek, hogy saját maguk végezzenek el olyan kísérleteket, amik a korábbiakban még szokásosak és megengedettek voltak. A munkavédelmi és munkabiztonsági előírásokat gyakran használják ürügyként arra, hogy korlátozzák a gyakorlati órákon elvégezhető tevékenységeket. Miközben igaz az, hogy a gyakorlati feladatokat nagyon alaposan át kell gondolni, mielőtt megengedjük, hogy egy osztály végrehajtsa őket, nagyon kevés olyan kémiai anyag van, amelyek ténylegesen be vannak tiltva az iskolákban és nagyon fontos az is, hogy a diákok megtanulják, hogyan használják biztonságosan a potenciálisan veszélyes anyagokat. Elvégre a kés, a fűrész vagy a fűrőgép is veszélyes szerszámok, ha nem megfelelő módon kezelik őket, s mégis megengedjük a diákoknak, hogy a famegmunkálás során használják őket. Mindezt egyszerűen csak meg kell tanítani a gyerekeknek.

Ebből a gondolatból kiindulva, a TV sorozatot úgy terveztük, hogy a diákok érdeklődését olyan nagyléptékű kísérletek végrehajtásával keltsük fel, amiket sohasem engedtek volna meg nekik elvégezni az osztályteremben. Az volt az elképzelésünk, hogy ha ezek elég mély benyomást tesznek a diákokra, az segíti majd őket a tudomány jelentőségének felismerésében; hogy megértenek majd néhányat azon elvek közül, amikre ezek épültek, s végül hogy mindez majd segítségükre lesz bizonyos tények felidézésében a vizsgáik idején. Minden kísérlet a rendes természettudományi órák tanmenetéhez kapcsolódott, csak meglehetősen szélsőséges módon kivitelezve. Például, a polimerek tanításakor és a golyóálló mellények készítésére használt *Kevlar* nevű műanyag erősségének bemutatásakor gépfegyverrel lőttünk ennek egy darabjára, áthajtottunk rajta egy tankkal és aztán

felrobbantottunk egy autót, amiben előtte ilyen műanyagot helyeztünk el. A *Kevlar* túlélte ezeket a kísérleteket. Azért, hogy demonstráljuk a hidrogén és a hélium közötti különbségeket, egy hatalmas, hidrogénnel töltött léggelönt robbantottunk fel, s úgy intéztük, hogy a diákok érezhessék a láng forróságát. Később két diák leugrott egy 15 m magasán lévő állványról úgy, hogy csak héliummal töltött léggömbök tartották őket. A polimer-alapú ragasztók különféle keverékeinek vizsgálata céljából három diákot egy kis darabka ragasztónál fogva tartottunk meg, s 20 m magasra emeltük őket, mielőtt az végül elszakadt.

Ezzel a projekttel az volt a probléma, hogy a diákokat éppen azért választották ki, mert egyáltalán nem mutattak érdeklődést az iskolában a természettudományok iránt, és sajnos a válogatás tényleg meglehetősen jól sikerült. Annak ellenére, hogy ezek a kísérletek tényleg izgalmasak, a diákok már abban a korban voltak, amikor nem volt többé számukra elfogadható az, hogy kimutassák az érdeklődésük jeleit. Számomra az volt a projekt fénypontja, amikor egyszerűen nem tudták eltitkolni az izgalmaikat – s ez akkor volt a legnyilvánvalóbb, amikor magnézium villanófény segítségével egy foszforeszkáló képet készítettünk egyszerre az egész osztályról. A diákok azt mondták, hogy ez fantasztikus volt – amiben kétségtelenül az a tény is kezünkre játszott, hogy a kísérlet beindította annak a színháznak a tűzriasztó berendezését, ahol azt megvalósítottuk.

A Kémiai Diákolimpia

Az utolsó terület, amiről beszélni kívánok, az az angliai Kémiai Diákolimpia. 1987-ben részt vettem a Nemzetközi Kémiai Diákolimpián, amikor legutóbb tartották itt Magyarországon. Később bevontak az angliai szervezőbizottság munkájába, amit a *Royal Society of Chemistry* irányít, amely intézmény a versenyt szervezi. Ezt a versenyt különösen fontosnak tartom, mivel nagyon különbözik mindazon versenyektől, amelyeken az Egyesült Királyságban a diákok általában részt vesznek. Sok kritika éri ugyanis azokat a vizsgákat, amiket a diákok iskolai tanulmányaik utolsó évében tesznek le, mivel túlságosan arra orientálják a gyerekeket, hogy inkább csak tényekre emlékezzenek, mint hogy problémákat oldjanak meg és saját maguk is gondolkozzanak.

Amikor a kiadványainkban kérdéseket teszünk fel, akkor ehhez a kémia nagy gyakorlati fontossággal bír, esetleg éppen aktuális területeit próbáljuk kiválasztani és olyan problémafelvetéseket megfogalmazni, amik nem azt vizsgálják, hogy a diákok mennyire tudnak emlékezni bizonyos tényekre, hanem inkább azon képességüket tesztelik, hogy alkalmazni tud-

ják-e a kémiatudásukat a számukra teljesen új problémák megoldására. A korábbi kérdések között volt olyan, ami arra vonatkozott, hogy hogyan segítheti a kvantummechanika néhány alapvető tézise az asztrofizikusokat abban, hogy meghatározzák, milyen elemek fordulnak elő egy távoli csillagban, vagy az indiai *Tadzs Mahal*-t a környezeti szennyezések által okozott károsodásoktól megóvni képes kémiai módszerek felderítése. Minden évben van szerves kémiai szintézis is, többek között olyan aktuálisan nagy jelentőséggel bíró molekulák előállítását is feladatul adtuk már, mint a *Tamiflu* (amit a madárinfluenza gyógyítására használnak), a *Rohypnol* (amivel egyesek olyan formában szoktak visszaélni, hogy italokba téve azokat kábító, izgató hatásúvá teszik) és a *Viagra*. Az ilyen, gyakorlati vonatkozású feladatok tényleg arra készítetik a diákokat, hogy a (valódi) kémiáról beszéljenek, s belássák, hogy mennyire hasznos is a kémia a mindennapi életünkben.

Maguk a problémák komoly kihívást jelentenek a diákoknak, de ennek főként az az oka, hogy nagyon különböznek azoktól a szokásos kérdésektől, amikkel a diákok a vizsgáikon rendszerint találkoznak. Minden évben találunk elsőosztályú tanulókat olyan iskolákból, amelyek korábban soha se vettek részt a versenyben. A feladatokat rendszeresen használják az osztálytermekben, mint oktatási segédanyagokat néhány tehetségesebb diák esetében. Elmondhatatlanul jó érzés számomra, amikor a tanárok és a diákok egyaránt arról számolnak be, hogy milyen érdekesnek találták a kiadványunkat, s hogy mennyire jó igazi kihívásokkal szembetalálni magukat.

Hiszek abban, hogy a kémia egy borzasztóan érdekes tantárgy, ami lehetővé teszi számunkra, hogy a körülöttünk lévő világot értelmezzük és javítsunk az életkörülményeinken. Ez az az egyszerű üzenet, amit próbálunk eljuttatni a jövő fiatal kémikusaihoz.

(Az előadás során elhangzott kijelentésekkel kapcsolatos kérdéseket e-mail-ben lehet föltenni közvetlenül Peter Wothers-nak: pdw12@cam.ac.uk, aki a Cambridge-i Egyetem Kémia Tanszékének munkatársa az Egyesült Királyságban vagy Szalay Lucának a luca@chem.elte.hu címen.)

Dr. Szalay Luca
ELTE Kémiai Intézet
luca@chem.elte.hu